

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Кафедра хімії

Денисюк Р.О., Камінський О.М., Чайка М.В.

*Інструктивно-методичні рекомендації до
лабораторних занять з навчальної дисципліни*

***”Хімічні аспекти сучасної
технології”***

Житомир 2019

ДЗЗ

УДК 66 : 546 : 547 (075.8)

Автори: доцент кафедри хімії *Денисюк Р.О.*, старший викладач кафедри хімії *Камінський О.М.*, асистент кафедри хімії *Чайка М.В.*

Обговорено та схвалено на засіданні кафедри хімії природничого факультету Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол №7 від 10.12.2018)

Рекомендовано до друку методичною комісією природничого факультету Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 9 від 20.06.2019р.)

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 6 від 26.06. 2019р.)

Рецензенти:

Л. І. Тріщук – кандидат хімічних наук, ст. наук. співроб. хіміко-технологічного відділу Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України;

Є. Л. Сорокін – кандидат технічних наук, доцент кафедри металургійного палива та вогнетривів Національної металургійної академії України

Денисюк Р. О.

ДЗЗ Інструктивно-методичні рекомендації до лабораторних занять з навчальної дисципліни "Хімічні аспекти сучасної технології" / Р. О. Денисюк, О. М. Камінський, М. В. Чайка – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2019. – 54 с.

В інструктивно-методичних рекомендаціях до лабораторних занять приводяться інструкції до виконання лабораторних робіт відповідно до програм з навчальної дисципліни хімічні аспекти сучасної технології для здобувачів вищої освіти природничих спеціальностей. Підготовлено вказівки до виконання лабораторних робіт, завдання для самопідготовки та індивідуальні завдання. Розроблено форми для запису результатів експериментальних досліджень для кожної роботи.

©□ Денисюк Р.О., 2019

©□ Камінський О. М. ,
2019

©□ Чайка М. В. 2019

ЗМІСТ

Вступ	4
Модуль 1. <i>Переробка сировини. Очистка води</i>	5
РОБОТА 1 Вода. Визначення технічних показників води	6
Модуль 2. <i>Виробництво сульфатної кислоти</i>	12
РОБОТА 2 Пасивування заліза і визначення ефективності дії інгібіторів корозії	13
<i>Виробництво амоніаку та нітратної кислоти</i>	17
РОБОТА 3 Одержання концентрованої нітратної кислоти	18
Модуль 3. <i>Виробництво мінеральних добрив та фосфатної кислоти</i>	20
РОБОТА 4 Добування суперфосфату	21
<i>Силікатні вироби</i>	24
РОБОТА 5 Виготовлення легкоплавкого скла	24
Модуль 4. <i>Добування металів. Виробництво чавуну та сталі</i>	26
РОБОТА 6 Добування металів і сплавів з оксидів дією вуглецю	27
РОБОТА 7 Визначення вмісту Фосфору в сталі або чавуні	29
<i>Кольорова металургія</i>	32
РОБОТА 8 Електроосадження металів	32
Модуль 5. <i>Хімічна переробка палива. Виробництво метилового та етилового спиртів, ацетилену</i>	36
РОБОТА 9 Технічний аналіз твердого палива	37
Модуль 6. <i>Синтетичні смоли та пластмаси</i>	40
РОБОТА 10 Одержання фенол-формальдегідних смол	41
<i>Виробництво хімічних волокон</i>	46
<i>Виробництво каучуку та гуми</i>	47
РОБОТА 11 Визначення Нітрогену, Сульфору, Хлору, Флуору в полімерах	48
Завдання для індивідуальної роботи	50
Питання для підготовки до екзамену з хімічні аспекти сучасної технології	51
Література	54

ВСТУП

Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з курсу "Хімічні аспекти сучасної технології" забезпечує хіміко-технологічну підготовку висококваліфікованих спеціалістів, формування базових знань і понять з хімічної технології, вивчення найважливіших сучасних хімічних виробництв та хімічних процесів, які використовуються в різних галузях промисловості.

Методичні рекомендації до лабораторного практикуму з курсу «Хімічні аспекти сучасної технології» направлені на здобуття у студентів наступних вмінь та навичок:

- розуміти роль хімічної технології в господарстві; оцінювати економічні, технологічні та технічні показники хімічного виробництва; роботу заводських служб по покращанню технологічних показників, якості продукції та умов праці на хімічному виробництві;

- розуміти хіміко-технологічних процеси, що мають місце при підготовці сировини до переробки, мотивувати принципи раціонального використання сировини, способи забезпечення комплексної переробки сировини та безвідходної технології;

- орієнтуватися в технологічних нормах використання води в хімічній промисловості, знати способи підготовки технологічної води, методи забезпечення замкнутих технологічних циклів по використанню води;

- знати енергетичні затрати хімічних виробництв, способи зниження енергоємності хіміко-технологічних процесів, шляхи раціонального використання енергії та її економії в хімічних виробництвах;

- знати заходи хімічних підприємств по охороні оточуючого середовища, методи очистки газових викидів, очистки забрудненої води, переробки твердих відходів;

- знати схеми хіміко-технологічних процесів, типові виробничі реактори, схеми автоматичного контролю і регулювання виробничих процесів, взаємозв'язок технологічної схеми, конструкції хімічної апаратури та термодинамічно-кінетичних параметрів процесів, що лежать в основі даного хіміко-технологічного виробництва;

- навчити пов'язувати шкільний курс хімії з життям, якісно готувати і проводити екскурсії учнів та студентів на хімічні і промислові виробництва, проводити дійову професійну орієнтацію учнів, організовувати різні позакласні заходи з використанням матеріалів хімічної технології.

Ці задачі можуть бути розв'язані на прикладі конкретних хімічних виробництв, що відображають магістральні напрями сучасної хімічної технології. Технологія хімічних виробництв безперервно розвивається і вдосконалюється на основі наукового підходу, в зв'язку з чим розглянуто теоретичні основи сучасної хімічної технології.

Під час виконання робіт закріплюються і поглиблюються знання хіміко-технологічних процесів. Лабораторний практикум включає роботи з усіх важливих розділів курсу. Для конкретизації вмінь і удосконалення знань студентів використовуються задачі хіміко-технологічного змісту.

Модуль 1

Завдання для самостійної підготовки

Тема: *Переробка сировини. Очистка води*

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини, визначити основні хіміко-технологічні процеси, що при цьому використовуються. Визначити місце води у процесах підготовки, використання та переробки сировини. Навчитися визначати основні параметри якості води в залежності від використання в промисловості, встановлювати методи очистки води після використання підприємствами.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Поняття хімічної технології: технологія, хімічна технологія, механічна технологія, сировина, напівпродукти, операція.
2. Техноекономічні показники. Класифікація хіміко-технологічних процесів.
3. Сировина та методи її переробки. Методи збагачення сировини.
4. Коефіцієнт використання та ступінь перетворення сировини.
5. Вихід продукту та селективність.
6. Показники виробництва: потужність, інтенсивність апарату.
7. Матеріальні і теплові баланси виробництва.
8. Вода та її технічні показники. Твердість води.
9. Методи очистки води. Очистка стічних вод. Боротьба з утворенням накипу.

Задачі:

1. Розрахуйте потужність печі пилового обпалювання колчедану, якщо її діаметр 4,2 м, висота 8 м, а інтенсивність 1000 кг/м^3 на добу.
2. Розрахуйте інтенсивність та потужність колони синтезу амоніаку діаметром 140 см, висотою 14 м, якщо за 10 діб вироблено 3000 т амоніаку.
3. Розрахуйте коефіцієнт використання залізного колчедану, що містить 28% сульфур, на 1 т 92%-вої контактної сульфатної кислоти. Виробничі витрати становлять 8%.
4. Визначити вихід сульфатної кислоти, якщо для її добування було взято руду, яка містить 49% залізного колчедану, із 1 т якого добуто 0,952 т 76%-вої сульфатної кислоти.
5. Скільки грамів гашеного вапна необхідно додати до 1 м^3 води, щоб позбавитись тимчасової твердості, що дорівнює $2,9 \text{ ммольекв/л}$
6. Твердість води обумовлена наявністю сульфатів кальцію та магнію. При дії на 10 л води розчином з 5,3 г соди утворилось 4,52 г кальцій та магній карбонатів. Визначте твердість води та вміст кальцій та магній сульфатів в 10 л води.

7. Яка маса води теоретично необхідна для розчинення 100 кг технічного кальцій оксиду, який містить 5% магній оксиду і 3% домішок, що не взаємодіють з водою. Складіть матеріальний баланс

Прибуток	кг	Витрата	кг
1) Кальцій оксид		1) Кальцій гідроксид	
2) Вода		2)	
3)		3) Домішки	

РОБОТА 1. Вода. Визначення технічних показників води

Твердість води залежить від вмісту в ній солей Кальцію і Магнію. Тверда вода непридатна для використання в парових котлах і для інших технологічних потреб. Розрізняють тимчасову (карбонатну) і постійну твердість води. Тимчасова твердість зумовлена присутністю у воді кальцій та магній гідрогенкарбонатів і її можна усунути кип'ятінням:



Постійна твердість обумовлена наявністю у воді кальцій і магній сульфатів, хлоридів і нітратів, вона не усувається при кип'ятінні. Сума тимчасової і постійної твердості дає загальну твердість. Твердість води у відповідності зі стандартом виражається в ммоль-екв/л. Твердість води рівна 1 ммоль-екв/л якщо в 1 л води міститься 20,04 мг йонів Ca^{2+} або 12,16 мг йонів Mg^{2+} .

У природних водах перше місце серед аніонів займають хлорид-йони. Вміст їх досягає до тисячі і більше міліграмів в 1 л. Особливо багато хлоридів у побутових стічних водах та стічних водах деяких виробництв. Різке збільшення концентрації хлорид-йонів у воді вказує на забруднення водоймищ стічними водами. При вмісті хлоридів більше 300 мг/л вода набуває солонувато-гіркого присмаку. Хлориди посилюють корозію заліза у воді завдяки утворенню добре розчинного ферум (II) хлориду. У воді присутні карбон (IV) оксид, гідрогенсульфід, сульфур (IV) оксид і кисень. Це шкідливі корозійно здатні гази, тому воду аналізують на їх вміст.

Мета роботи. 1. Ознайомитися з методами хімічного аналізу природної води і способами її очистки. 2. Визначити загальну і тимчасову твердість води, вміст у воді хлорид-йонів та карбон (IV) оксиду.

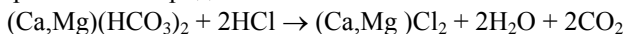
Реактиви: розчин хлоридної кислоти (0,1 моль/л); індикатор метиловий-оранжевий; розчин трилону Б (0,05 моль/л); буферний розчин (аміачна суміш); 0,5%-вий розчин індикатору хромоген синій (або чорний), розчин магній сульфату (0,25 моль/л); розчин аргентум (I) нітрату (0,02 моль/л); 10%-вий розчин калій дихромату; розчин натрій гідроксиду (0,1 моль/л); 1%-вий розчин ацетату фенолфталеїну.

Обладнання: конічні колби на 250 мл; бюретка на 25 мл; циліндр на 25 мл; піпетки на 50 мл, прилад з катіонітовою та аніонітовою колонками; катіоніт КУ-1; аніоніт; склянки об'ємом 50 мл; рН-метр рН-340; електроди для

вимірювання електропровідності води; прилад для вимірювання електропровідності води Р-38; мірний циліндр об'ємом 250 мл.

Дослід 1. *Визначення тимчасової (карбонатної) твердості води*

Карбонатну (тимчасову) твердість води (T_k) визначають титруванням проби досліджуваної води розчином хлоридної кислоти:



Виконання роботи. В конічну колбу налити 50 мл досліджуваної води і відтитрувати 0,1 *н* розчином хлоридної кислоти з індикатором метиловим оранжевим до появи рожевого забарвлення. Титрування повторити тричі, визначити середнє значення об'єму хлоридної кислоти, що пішла на титрування. Отримані дані записати в таблицю 1:

Таблиця 1

Номер досліду	Об'єм хлоридної кислоти, що використано на титрування, <i>мл</i>	Середнє значення об'єму HCl , що використано на титрування, <i>мл</i>
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Карбонатну твердість розрахувати за видозміненою формулою

$$c_{e_1} \cdot V_1 = c_{e_2} \cdot V_2; T_k = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_k – карбонатна твердість води, *ммольекв/л*;
 V_1 – об'єм хлоридної кислоти, що пішла на титрування, *мл*;
 V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, *мл*;
 c – концентрація розчину хлоридної кислоти, *мольекв/л*.

Результати записати у таблицю 2:

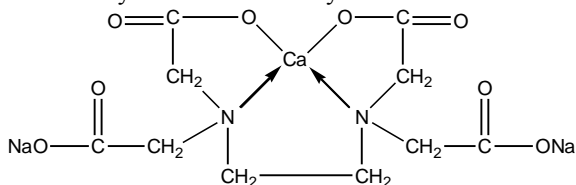
Таблиця 2

V_1 , об'єм хлоридної кислоти, що пішла на титрування, <i>мл</i>	V_2 , об'єм води, взятої для аналізу, <i>мл</i>	c , концентрація розчину хлоридної кислоти, <i>моль/л</i>	T_k , карбонатна твердість води, <i>ммоль/л</i>

Дослід 2. *Визначення загальної твердості води*

Загальну твердість води визначають методом комплексонометричного титрування, що базується на утворенні міцної сполуки трилону Б з йонами кальцію та магнію. Титрування води проводять в присутності індикаторів–хромогенів у слаболужному середовищі, яке створюють буферним

розчином NH_4OH та NH_4Cl (аміачна суміш). При цьому йони Ca^{2+} і Mg^{2+} зв'язуються трилоном Б у комплексні сполуки:



Зміна забарвлення індикатора з червоно-фіолетового на синьо-фіолетовий вказує на повне зв'язування у воді трилоном Б йонів кальцію та магнію.

Виконання роботи. В конічну колбу налити 50 мл досліджуваної води, додати 3 мл буферного розчину, 3 краплини індикатора і зразу ж відтитрувати при сильному збовтуванні розчином трилону Б до зміни забарвлення в еквівалентній точці. Дослід повторити тричі.

Якщо на титрування пішло більше, ніж 5 мл розчину трилону Б, то це свідчить про те, що у взятому об'ємі води сумарний вміст йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} більше 5 ммольекв/л. У такому випадку визначення слід повторити, взявши менший об'єм води і довести його до 50 мл дистильованою водою, зробивши при цьому перерахунок і врахувати розведення дейонізованою водою.

Визначенню загальної твердості заважають йони Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} і високий вміст карбонатів і гідрокарбонатів. Нечітка зміна забарвлення в еквівалентній точці вказує на присутність йонів Cu^{2+} , Zn^{2+} . Для усунення впливу речовин, які заважають, до відміреної для титрування проби води додати 1-2 мл розчину натрій сульфід, після чого провести титрування, як описано вище.

Якщо після додавання до води буферного розчину і індикатора проба поступово знебарвлюється, стає сірого кольору, то це вказує на присутність йонів Mn^{2+} . Тоді до проби води перед внесенням реактивів слід додати 5 краплин розчину гідроксиламіну гідрогенхлориду і далі визначити твердість.

Процес титрування затягується в часі, з нестійким і нечітким забарвленням в еквівалентній точці, що відбувається при високій лужності води. Для усунення лужності до проби води, відібраної для титрування, додати розчин хлоридної кислоти (0,1 моль/л) і прокип'ятити протягом 5 хв. Після цього додати буферний розчин, індикатор і визначити твердість.

Таблиця 3

Номер досліду	Об'єм трилону Б, що використано на титрування, мл	Середнє значення об'єму розчину трилону Б, що використано на титрування, мл
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

загальну твердість води розрахувати за формулою:

$$T_z = \frac{2 \cdot V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_z – загальна твердість води, *ммольєкв/л*;
 V_1 – об’єм трилону Б, затрачений на титрування проби, *мл*;
 V_2 – об’єм води, взятої для аналізу, *мл*;
 c – концентрація розчину трилону Б, *мольєкв/л*.

Результати записати у таблицю 4:

Таблиця 4

V_1 , трилону Б, що використано на титрування, <i>мл</i>	V_2 , об’єм води, взятої для аналізу, <i>мл</i>	c , концентрація розчину трилону Б, <i>мольєкв/л</i>	T_z , загальна твердість води, <i>ммольєкв/л</i>

Дослід 3. Визначення хлорид-йонів у воді

Метод базується на осадженні хлорид-йонів в нейтральному або слаболужному середовищі аргентум (I) нітратом в присутності калій дихромату як індикатора. Зміна забарвлення індикатора від лимонно-жовтого до оранжево-жовтого свідчить про виділення аргентум (I) хлориду і утворення аргентум (I) хромату. Титрування рекомендується проводити в присутності “свідків” – недотитованої і перетитованої проби.

Виконання роботи. У три конічні колби відміряти піпеткою по 50 мл досліджуваної води, рН якої може бути у межах 6–10. В проби додати по 0,5 мл розчину калій дихромату і відтитрувати розчином аргентум (I) нітрату до появи оранжево-жовтого забарвлення. Титрування повторити тричі. На основі отриманих результатів заповнити у таблицю 5

Таблиця 5

Номер дослід	Об’єм аргентум (I) нітрату, що використано на титрування, <i>мл</i>	Середнє значення об’єму розчину аргентум (I) нітрату, що використано на титрування, <i>мл</i>
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Вміст хлорид-йонів розрахувати за формулою:

$$m_{Cl^-} = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot M \cdot 1000}{V_2},$$

де m_{Cl^-} - вміст хлорид-йону, мг/л ;

V_1 – об'єм розчину аргентум (I) нітрату, затраченого на титрування, мл;

V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, мл;

c – концентрація розчину аргентум (I) нітрату, мольекв/л;

M – молярна маса хлорид-йонів, г/моль.

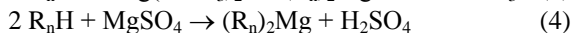
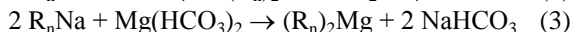
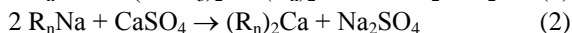
Результати заповнити у таблицю 6:

Таблиця 6

V_1 , об'єм розчину аргентум (I) нітрату, витраченого на титрування, мл	V_2 , об'єм води, взятої для аналізу, мл	c , концентрація розчину аргентум (I) нітрату, моль/л	m_{Cl^-} , вміст хлорид-йону, мг/л

Дослід 4. Очистка та пом'якшення води методом йонного обміну

Суть методу йонного обміну полягає у тому, що деякі малорозчинні неорганічні та органічні речовини здатні обмінювати свої йони на катіони або аніони з розчинів. Для поглинання з води йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} використовують катіоніти-сульфовугілля або високомолекулярні сполуки (смоли), що містять активні групи з йонами H^+ , Na^+ або NH_4^+ . Процеси катіонного обміну можна схематично записати рівняннями:



де R_n - високомолекулярна сполука з активною групою.

Як видно з рівнянь (3, 4), після катіонного обміну кислотність води зростає. Тому, для зниження кислотності та повного знесолювання (дейонізації) води, після катіонітового фільтру її пропускають через аніонітовий. Кількість йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , яка поглинається певним об'ємом катіоніту, називається ємністю поглинання E і виражається у мольекв на $1 m^3$ іоніту. Після тривалої роботи, і повного обміну йонів H^+ або Na^+ на йони Ca^{2+} і Mg^{2+} катіоніт регенерують, тобто пропускають крізь нього розчин HCl у випадку катіоніту з водневою функцією або насичений розчин $NaCl$ при регенерації катіоніту з натрієвою функцією. При цьому відбуваються процеси, зворотні до тих, що описані рівняннями (1–4).

Мета роботи. 1. Пом'якшити водопровідну або спеціально приготовлену технічну воду з певною твердістю. 2. Визначити показники якості води: загальну твердість, кислотність та електропровідність води до та після пом'якшення.

Виконання роботи.

1. Через катіонітову колонку пропустити 250 мл води, яку необхідно пом'якшити.

2. Визначити загальну твердість вихідної непом'якшеної і пом'якшеної води, пропущеної через катіоніт. Пробу пом'якшеної води до визначення твердості нейтралізувати розчином NaOH в присутності метилоранжу. Це робиться в зв'язку з тим, що при катіонному обміні середовище стає кислим і використання трилону Б неможливе.

Для визначення загальної твердості у конічну колбу об'ємом 250 мл відміряти 50 мл води, додати 3 мл амоніачного буферного розчину, 3 краплини індикатору хромогену і відтитрувати 0,05 н розчином трилону Б до переходу вишнево-червоного кольору у синьо-фіолетовий.

Загальну твердість води розрахувати за формулою:

$$T_z = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_z – загальна твердість води, ммольекв/л;
 V_1 – об'єм трилону Б, затрачений на титрування проби, мл;
 V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, мл;
 c – концентрація розчину трилону Б, ммольекв/л.

4. Відібрати пробу об'ємом 50 мл та визначити загальну твердість води за описаною методикою.

Оформлення результатів роботи. Описати методику роботи, провести відповідні розрахунки і заповнити таблицю 7.

Таблиця 7

Технічні показники якості води, пом'якшеної методом йонного обміну

	Показники якості води
Вода	Загальна твердість води, ммоль/л
Вихідна, необроблена	
Пом'якшена	

Пом'якшення води хімічними методами

Хімічні методи полягають у здатності розчинних солей кальцію та магнію і феруму переходити в малорозчинні або нерозчинні сполуки при дії певних реагентів. При обробці води кальцій гідроксидом (вапняковий метод) або натрій гідроксидом (натронний метод) усувається карбонатна твердість, а також відбувається зв'язування вуглекислого газу.

Содовий метод усуває лише постійну твердість і сприяє зв'язуванню вуглекислого газу. Через що широко використовується комбінований метод (вапняково-содовий), який забезпечує усунення тимчасової та постійної

твердості. Але цим способом можливо проводити лише грубе пом'якшення. Більш повне осадження йонів кальцію та магнію досягають при фосфатному методі, при додаванні до води натрій фосфату. Виконання роботи. Провести розрахунок реагентів, які потрібно використати для пом'якшення, на основі попереднього хімічного аналізу. Відміряти відповідні об'єми розчинів натрій карбонату, кальцій гідроксиду та натрій фосфату, необхідних для пом'якшення. Додати до певного об'єму води необхідну кількість реагентів, провести фільтрацію води від осаду. Визначити загальну і тимчасову твердість води після пом'якшення.

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

1. Який об'єм карбон діоксиду потрібний для переведення в розчин 21 г магній карбонату?
2. При кип'ятінні 5 л води утворився осад кальцій карбонату масою 1,25 г. Обчислити тимчасову твердість води.
3. Необхідно зменшити постійну твердість води з 12 до 6 мольекв/л. Яку масу Na_2CO_3 потрібно витратити для пом'якшення 100 м³ води?
4. На титрування 100 мл води витрачено 7,5 мл 0,1 н HCl. Розрахувати карбонатну твердість води.
5. Розрахуйте твердість води, якщо в 1 л її міститься 0,6 г CaCl_2 .

Модуль 2

Завдання для самостійної підготовки

Тема: *Виробництво сульфатної кислоти*

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини для виробництва сульфатної кислоти. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від сировини, що використовується для добування кислоти.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Сировина для виробництва сульфатної кислоти.
2. Хімізм та характер хіміко-технологічного процесу виробництва сульфатної кислоти з піриту. Фактори, що впливають на швидкість хімічних реакцій.

3. Апарати та прилади, що використовуються при виробництві сульфатної кислоти, принцип їх дії.
4. Намалюйте технологічну схему виробництва сульфатної кислоти з піриту, на якій вказано прилади та апарати, що задіяні в цьому процесі, та хімічні перетворення, які в них відбуваються.
5. Нітрозний спосіб виробництва сульфатної кислоти. Намалюйте технологічну схему виробництва сульфатної кислоти нітрозним способом.
6. Виробництво сульфатної кислоти з сірки та гідрогенсульфіду.

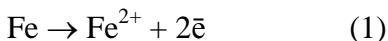
Задачі:

1. Розрахуйте загальний вміст SO_3 в олеумі, що містить 0,3 масової частки вільного SO_3 . Скільки кілограмів моногідрату сульфатної кислоти можна отримати з 1 т такого олеуму.
2. Обчисліть масу розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 98%, який можна одержати з 1 т піриту FeS_2 , що містить 10% пустої породи, якщо виробничі втрати складають 3%.
3. Яка добова потреба у повітрі колчеданної печі, що спалює за добу 12 т колчедану, якщо при цьому повітря береться в надлишку з таким розрахунком, що пічні гази містять 0,105 об'ємної частки невикористаного кисню та 0,07 об'ємної частки SO_2 .
4. Скільки теоретично можна добути 75%-вого розчину сульфатної кислоти з 1 т сульфідів металів, які містять 0,4 масової частки сульфуру.
5. При сильному нагріванні гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) кальцій сульфат, що входить до його складу, розкладається на кальцій оксид і сульфур (IV) оксид. Розрахуйте масу гіпсу, необхідного для одержання сульфур (IV) оксиду масою 16 т, якщо вихід продукту реакції складає 95% від теоретично можливого.

РОБОТА 2. Пасивування заліза і визначення ефективності дії інгібіторів корозії

Інгібіторами корозії називаються речовини, в присутності невеликої кількості яких зменшується швидкість розчинення металів у розчинах електrolітів. В залежності від типу окисника розрізняють атмосферну корозію і кислотну корозію. Тому інгібітори поділяються на два види: інгібітори атмосферної корозії та інгібітори кислотної корозії.

Інгібітори кислотної корозії використовуються для захисту сталейних виробів від агресивної дії хлоридної, сульфатної, фосфатної та інших кислот. При розчиненні ферум оксидів в кислотах на вільних ділянках металу відбувається окисно-відновний процес, який має назву корозії з водневою деполяризацією:



Шкода при корозії з водневою деполяризацією обумовлена як втратою значної кількості металу (реакція (1)), так і проникненням адсорбованого на

його поверхні атомарного водню (реакція (2)) в об'єм металу, що призводить до зниження механічних властивостей виробу в результаті насичення його воднем. Тому при виборі інгібіторів кислотної корозії ставиться завдання не лише зменшити загальні втрати металу, але й захистити його від насичення воднем.

Швидкість розчинення визначається ваговим, оптичним, хімічним або іншим методом. За швидкість розчинення, що визначена ваговим методом приймається втрата маси зразка з одиниці поверхні за одиницю часу:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot t}, \quad (1)$$

де m_1 – початкова маса зразку;
 m_2 – маса зразка після розчинення в кислоті;
 S – площа поверхні зразка, см^2 ;
 t – час процесу розчинення, год.

Швидкість розчинення металу в присутності інгібітору корозії залежить від його концентрації в розчині кислоти.

Ефективність дії інгібіторів оцінюється ступенем захисної дії Z :

$$Z = \frac{v_o - v}{v_o} \times 100\%, \quad (2)$$

де v_o – швидкість розчинення металу в розчині кислоти без інгібітору;
 v – швидкість розчинення металу в розчині кислоти з інгібітором.

Ступінь захисної дії показує наскільки повно вдалося понизити корозію завдяки використанню даного методу.

Ефективність інгібітору виражається також величиною інгібіторного ефекту:

$$\gamma = \frac{v_o}{v} \quad (3)$$

Інгібіторний ефект показує в скільки разів інгібітор зменшує швидкість корозії металу в розчині кислоти.

Дослід 1. Пасивування заліза і визначення ефективності дії інгібіторів корозії

Мета роботи. Засвоїти методику корозійних випробовувань на прикладі розчинення зразків сталі в розчинах чистих кислот та в розчинах кислот з добавками інгібіторів. Визначити швидкість розчинення, захисну дію та інгібіторний ефект при розчиненні сталі в розчинах хлоридної або сульфатної кислоти з різною концентрацією інгібітору.

Реактиви: розчини HCl різної концентрації (2 н, 3 н, 4 н); розчин інгібітору.

Обладнання: термостат для проведення корозійних досліджень; циліндричні або плоскі зразки зі сталі

Виконання роботи. 1. Зачистити наждачним папером 3 сталіх зразки, пронумерувати їх, визначити площу поверхні та зважити їх. Визначені параметри занесіть у таблицю 1.

2. В пронумерованих пробірках приготувати 3 розчини з різною концентрацією інгібітору. В першу пробірку налити 5 мл кислоти без інгібітору, вона буде використана для контролю. В решту склянок налити по 5 мл тієї ж кислоти, та інгібітору, концентрацію якого збільшено в 2 рази (1:1 та 1:2).

Таблиця 1

Номер зразка	Початкова маса зразка (m_1), г	Довжина зразка, см	Ширина зразка, см	Площа зразка з обох сторін (S), $см^2$
1				
2				
3				

3. Помістити пробірки з кислотою в термостат і довести температуру до $50^\circ C$. Помістити в пробірки зразки сталі не торкаючи їх руками і записати час занурення. Через 1 год одночасно вийняти пінцетом зразки з розчинів, промити дистильованою водою, висушити фільтрувальним папером, протерти етанолом і зважити. Результати занести у таблицю 2.

Таблиця 2

Склад розчину	Маса зразку, г	
	до розчинення	після розчинення
чиста кислота		
кислота з інгібітором		
кислота з інгібітором подвійної концентрації		

Оформлення результатів роботи. За втратою маси зразків розрахувати швидкість розчинення заліза за формулою (1), ступінь захисної дії Z за формулою (2) та ефективність дії інгібітору γ за формулою (3). Результати розрахунків записати в таблицю 3.

Таблиця 3

№ п/п	Зміна маси зразка (Δm), г	Швидкість розчинення зразка, $г/см^2 \cdot год$	Ступінь захисної дії (Z), %	Ефективність дії інгібітору (γ)
1				
2				
3				

Місце для розрахунків:

2. За результатами розрахунків захисної дії та інгібіторного ефекту в розчинах кислот з різними концентраціями інгібітору побудувати графіки залежності $Z = f(c)$ (залежність ступеня захисної дії інгібітору від його концентрації) та $\gamma = f(c)$ (залежність інгібіторного ефекту від його концентрації в розчині). Зробити висновок про вплив концентрації інгібітору на ефективність його дії.

Висновок:

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

1. На нейтралізацію 0,825 г олеуму затрачено 0,7 г натрій гідроксиду. Скільки моль SO_3 припадає на 1 моль H_2SO_4 в олеумі?
2. Який об'єм SO_2 треба розчинити в 1 л води, щоб одержати 2 % розчин сульфатної кислоти?
3. Розрахуйте коефіцієнт використання сировини (в $\text{м}^3/\text{т}$), що містить 0,85 об'ємної частки H_2S , яка використовується на виробництво 1 т 92% сульфатної кислоти. Врахуйте, що вихід кислоти 98%.
4. Скільки 96%-ної сульфатної кислоти можна добути з 60 кг залізного колчедану, якщо вихід 85% від теоретичного.
5. Яка маса сульфур (VI) оксиду розчиняється в 1 т олеуму, якщо його концентрація при протіканні через поглинальну башту підвищується від 19,5 до 20,5%.

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Виробництво амоніаку та нітратної кислоти**

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини для отримання амоніаку та нітратної кислоти. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від умов синтезу амоніаку та нітратної кислоти.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Способи зв'язування атмосферного азоту. Ціанамідний та дуговий спосіб.
2. Синтез амоніаку при середньому тиску. Намалюйте технологічну схему виробництва амоніаку.
3. Умови проведення контактного окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду. Робота контактного апарату.
4. Виробництво нітратної кислоти.
 - а) теоретичні основи виробництва нітратної кислоти
 - б) методи виробництва розведеної нітратної кислоти
 - в) методи виробництва концентрованої нітратної кислотиНамалюйте відповідні технологічні схеми.

Задачі:

- 1 Розрахуйте об'єм азоту (при н.у.), що використовується на добування 100 л NH_3 в процесі синтезу його з водню та азоту при температурі 500°C та тиску $3 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$.
- 2 Через колонну синтезу амоніаку пропускають $120 \text{ м}^3/\text{год}$ азотоводневої суміші. Розрахуйте вихід амоніаку (в об.%), якщо добове виробництво колони синтезу 504 м^3 .
- 3 При 400°C та тиску $3 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ в рівновазі з азотоводневою сумішшю знаходиться 0,47 об'ємної частки амоніаку. Виходячи з загального рівняння реакції синтезу амоніаку, розрахуйте об'єми амоніаку, азоту та водню, що містяться при даних умовах в 1 м^3 газової суміші.
- 4 Розрахуйте найвищу теоретично можливу концентрацію розчину нітратної кислоти, що можна отримати при окисненні амоніаку без додаткового додавання води.
- 5 Який об'єм газової суміші, що містить 11% NH_3 , необхідний для добування 1 т нітратної кислоти (без втрати азоту).

РОБОТА 3. Одержання концентрованої нітратної кислоти

У промисловості амоній нітрат одержують шляхом нейтралізації 50-60%-вого розчину нітратної кислоти газоподібним аміаком:



Теплоту реакції використовують для випаровування води та концентрування розчину амоній нітрату в апаратах ВЕН (використання ентальпії нейтралізації).

Мета роботи. 1. Змоделювати в лабораторних умовах хіміко-технологічні процеси, які протікають в промислових колонах-реакторах з насадкою. 2. Одержати концентровану нітратну кислоту в чистому вигляді, визначити практичний вихід за калій (натрій) нітратом.

Реактиви: 96%-вий розчин сульфатної кислоти; кристалічний натрій або калій нітрат; 1 М розчин натрій гідроксиду.

Обладнання: установка для одержання концентрованої нітратної кислоти; електроплитка; піщана баня; конічна колба на 250 мл; індикатор-фенолфталеїн; бюретка з штативом для титрування.

Виконання роботи. Концентровану нітратну кислоту можна одержати в установці, зображеній на рис. 1.

1. Зібрати установку для одержання концентрованої нітратної кислоти. У нижню частину реторти 1 помістити 5 г кристалічного калій або натрій нітрату. 2. Налити в реторту розчин концентрованої сульфатної кислоти так, щоб повністю покрити кристали солі. 3. Реторту сполучити з круглодонною колбою 4 рис. 1., яку занурюють в сніг або лід 5.

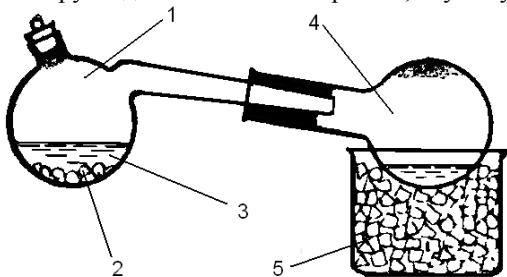


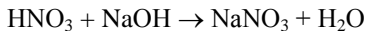
Рис. 1. Установка для одержання концентрованої нітратної кислоти:

1 – реторта; 2 – кристали солі; 3 – розчин концентрованої сульфатної кислоти; 4 – колба-приймач; 5 – сніг або лід.

2. Реторту поступово нагріти на піщаній бані (*під витяжною шафою!*) до 100 °С, а потім до 120 °С. Реакція закінчується тоді, коли в реторті залишиться жовтувата рідина і нітратна кислоти майже перестане переганятись в приймач.
3. Рідину з приймача перелити мірний циліндр або пробірку. Визначити об'єм і відтитрувати 1М розчином натрій гідроксиду в присутності фенолфталеїну. Розрахувати концентрацію отриманого розчину нітратної кислоти.

Визначення концентрації нітратної кислоти. Для визначення концентрації нітратної кислоти використати кислотно-основне титрування в

присутності індикатору. В якості індикатора використати фенол-фталеїн, який додати до кислоти.:



Концентрацію HNO_3 розрахувати за формулою:

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{V_1 \cdot c_1}{V_2},$$

де c_{HNO_3} – концентрація нітратної кислоти, *моль/л*;

V_1 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування, *мл*;

V_2 – об'єм розчину нітратної кислоти, взятого для аналізу, *мл*;

c_1 – концентрація розчину натрій гідроксиду, *моль/л*.

Результати аналізу записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Об'єм кислоти, <i>мл</i>	Об'єм розчину NaOH, затраченого на титрування, <i>мл</i>	Концентрація нітратної кислоти, <i>моль/л</i>	Маса отриманої нітратної кислоти, г

4. Розрахувати практичний вихід концентрованої нітратної кислоти за сіллю.
Результати записат в таблицю 2.

Таблиця 2

Речовина	Теоретичний вихід, г	Практичний вихід, г	η (виходу), $(\frac{m_{np}}{m_{теор}} \cdot 100)$, %

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Розрахуйте ступінь окиснення амоніаку в повітряно-амоніачній суміші, якщо на титрування 400 мл ($t = 24^{\circ}\text{C}$, $P = 98\,790,12\text{ Па}$) вихідної суміші використовується 10 мл 0,1 н розчину кислоти, а на титрування кінцевого продукту окислення того ж об'єму – 6 мл 0,1 н розчину лугу.
- 2 Розрахуйте коефіцієнт використання (в т) NH_3 на 1 т 60%-вої HNO_3 при виході 96% від теоретично можливого.
- 3 Який об'єм амоніаку (н.у.) потрібно використати для добування 500 кг розчину нітратної кислоти з масовою часткою речовини 90%, якщо виробничі втрати становлять 10%?
- 4 Розрахуйте коефіцієнт використання водню та азоту в тонах і в метрах кубічних на 1 т амоніаку при виході останнього 95% від теоретично можливого.
- 5 Яка маса води необхідна для синтезу 5 т концентрованої нітратної кислоти, якщо виходити з димеру N_2O_4 , води та кисню? Втрати води в процесі виробництва становлять 5 %.

Модуль 3

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Виробництво мінеральних добрив та фосфатної кислоти**

Мета: сформувати уявлення про мінеральні добрива їх використання в залежності від умов ґрунту. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва фосфатних, нітратних та калійних добрив.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Класифікація добрив.
2. Нітратні добрива. Одержання амоній нітрату та сечовини.
3. Калійні добрива. Виробництво калій хлориду методом галургії та флотації.
4. Фосфатні добрива, їх добування. Отримання суперфосфату та подвійного суперфосфату.
5. Добування екстракційної та термічної фосфатної кислоти.
6. Мікродобрива та бактеріальні добрива. Отрутохімікати.

Завдання:

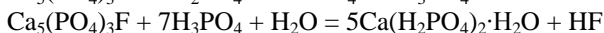
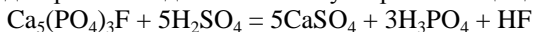
Зобразіть схематично процес виробництва амоніачної селітри, фосфатної кислоти, простого та подвійного суперфосфатів, вказавши послідовність та умови хімічних перетворень, апарати, в яких вони відбуваються.

Задачі:

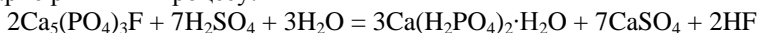
- 1 Скільки чистої амоніачної селітри потрібно внести на 1 га, щоб замінити 85 кг натрієвої селітри, в якій міститься 16% нітрогену.
- 2 Яка кількість води (у %) від 52%-вої HNO_3 випаровується в нейтралізаторі, якщо з нього витікає 78%-вий розчин амоніачної селітри.
- 3 Змішане добриво „Для городу” містить 0,06 масових частин N_2 , 0,09 – P_2O_5 , 0,09 – K_2O . Скільки було взято кістяної муки, що містить 30% P_2O_5 , амоній нітрату, 95%-вого KCl та наповнювачу (пісок) для виготовлення 10 кг такої суміші?
- 4 Для визначення загального вмісту P_2O_5 в апатитовому концентраті наважку 1,3060 г обробили царською горілкою та перелили в мірну колбу об'ємом 250 мл. Розчин відфільтрували. В 50 мл фільтрату осадили йони PO_4^{3-} та отримали 0,1617 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Розрахуйте відсотковий вміст P_2O_5 в зразку апатитового концентрату.
- 5 Які масові частки калій хлориду (92%-вий KCl) та сільвініту (22%-вий KCl) необхідно змішати для добування калійної добривної солі, що містить 30% K_2O .

РОБОТА 4. Добування суперфосфату

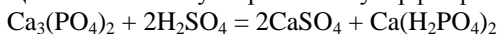
До фосфорних добрив відносяться простий та подвійний суперфосфат, преципітат, амофоси, нітрофоски. Для промислового виробництва цих добрив використовують апатитові та фосфоритові руди. При їх обробці сульфатною кислотою утворюється суперфосфат, який містить 18-20% P_2O_5 . Реакція протікає в дві стадії – на першій утворюється фосфатна кислота, яка на другій стадії при взаємодії з апатитом утворює кальцій дигідрофосфат:



Сумарне рівняння процесу:



Цим же шляхом утворюється суперфосфат з фосфориту:



При обробці апатиту чи фосфориту не сульфатною кислотою, а відразу фосфатною кислотою утворюється суперфосфат, в якому міститься до 50% P_2O_5 . Цей продукт отримав назву подвійного суперфосфату. Фосфатна кислота, необхідна для цього виробництва, добувається обробкою фосфорвмісних руд сульфатною кислотою.

Реактиви: апатит чи фосфорит, 62-65%-вий розчин сульфатної кислоти, 10%-вий розчин хлоридної кислоти.

Обладнання: хімічна склянка, фарфорова ступка, мірна колба на 250 мл.

Виконання роботи: За рівнянням реакції розрахувати необхідну кількість сульфатної кислоти для взаємодії з 10 г апатиту чи фосфориту. Якщо використовується апатит, то на 3 моль P_2O_5 необхідно 7 моль H_2SO_4 , а якщо фосфорит – на 1 моль P_2O_5 необхідно 2 моль H_2SO_4 . Сульфатної кислоти необхідно взяти на 10% більше чим розраховано. 62-65%-ву сульфатну кислоту готують шляхом розведення концентрованої сульфатної кислоти, а концентрацію перевіряють за густиною з використанням ареометру.

Розрахований об'єм сульфатної кислоти налити в попередньо зважений скляний стакан і нагріти до $50-60^{\circ}C$. Після цього при постійному перемішуванні протягом 10-12 хв окремими порціями пересипати в склянку наважку вихідної речовини, потім перемішати ще 10-15 хв, помістити в термостат і витримати 1-1,5 год при температурі $100-110^{\circ}C$. **Всі операції для одержання суперфосфату проводять в окулярах та гумовий рукавицях!** Після охолодження до кімнатної температури зі склянки видобути суперфосфат, зважити, та визначити його вихід, а потім провести аналіз на загальний вміст фосфору, що засвоюється.

Визначення вмісту фосфору, що засвоюється, в суперфосфаті, стандартним методом. Для проведення аналізу на загальний вміст фосфору, що засвоюється, наважку масою 2-2,5 г, взяту з точністю до 0,0002 г, розтерти в фарфоровій ступці. Додати 25 мл дистильованої води, знов розтерти та відфільтрувати рідину в мірну колбу на 250 мл, в яку попередньо налити 5-6 мл 10%-вої хлоридної кислоти. Залишок в ступці ще три рази розтерти з водою, відстояти та декантувати рідину через фільтр в мірну колбу. Осад, що залишився після цих операцій, перенести на фільтр та промити водою до тих пір, поки в колбі не збереться близько 200 мл фільтрату. Розчин в мірній колбі, що містить водорозчинний фосфор (V) оксид, довести до мітки і ретельно перемішати (розчин 1).

Фільтр з розчином, що не розчинився, помістити в мірну колбу на 250 мл, прилити 100 мл розчину Петермана (173 г одноводної цитратної кислоти (158,17 г безводної кислоти) та 43 г амоніачного азоту на 1 л розчину). Потім колбу щільно закрити пробкою та струсити до тих пір, поки фільтр не розпадеться на окремі волокна. Колбу витримати 15 хв при $60^{\circ}C$, перемішати суспензію та витримати ще 15 хв при тій же температурі. Після цього колбу охолодити, довести об'єм розчину до мітки дистильованою водою, перемішати та відфільтрувати через фільтр в конічну колбу, відкидаючи перші мутні порції фільтрату. Отриманий розчин містить цитратно-розчинний фосфор (V) оксиду (розчин 2).

Загальний вміст фосфор (V) оксиду, що засвоюється, визначити, відбираючи по 50 мл обох отриманих розчинів, які перенести в стакан, додаючи до 10 мл 50%-вого розчину амоній цитрату, та нейтралізувати амоніаком до зміни забарвлення фенолфталеїну, який використовується як індикатор рН-середовища. Для осадження фосфат-йонів при безперервному перемішуванні повільно долити 25-35 мл магnezіальної суміші (спосіб приготування: розчинити 70 г NH_4Cl , 55 г $MgCl_2 \cdot H_2O$ в 200-250 мл води, додати 250 мл 10%-вого розчину натрій гідроксиду, розбавити водою до 1 л,

перемішати і після 24-годинної витримки відфільтрувати) і 20 мл 25%-вого амоніаку. Суміш перемішувати протягом 30 хв і витримати 30-40 хв. Осад перенести на беззоольний фільтр, промити 3-4 рази 2,5%-вим розчином амоніаку. Після цього фільтр помістити з осадом в попередньо прожарений та зважений тигель, висушити, обпалити при 750°C та прожарити при температурі 1000-1050°C до отримання білого осаду.

Масову частку фосфору, що засвоюється, розрахувати за формулою:

$$\omega = \frac{0,638 \cdot m \cdot 500}{m_1 \cdot 100} \cdot 100 = 319 \cdot \frac{m}{m_1}$$

де 0,638 – коефіцієнт для перерахунку маси $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ на масу P_2O_5 ;

m – маса прожареного залишку $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$, г;

m_1 – маса наважки суперфосфату, г;

100 – загальний об'єм розчинів (першого та другого), взятий для аналізу, мл.

Результати роботи записати в таблицю:

m наважки сировини, г	m (H_2SO_4) в перерахунку на 100%-ву, г	Vр-ну (H_2SO_4), мл	Вихід $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$		Маса наважки суперфос фату, г	Маса залишку, г	Вміст P_2O_5 , г
			теор., г	практ., г			

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Для добування простого суперфосфату масою 250 кг використали 117,8 кг кальцій фосфату. Розрахуйте ступінь перетворення кальцій фосфату.
- 2 Яка маса фосфориту необхідна для виробництва 5 т фосфору, якщо масова частка виходу продукту реакції складає 96% від теоретично можливого?
- 3 Для добування 1 т гранульованої амоніачної селітри використовується 0,213 кг амоніаку та 0,8 кг нітратної кислоти (100%-на HNO_3). Знайдіть вихід продукту.
- 4 Визначте масу розчину нітратної кислоти ($w = 40\%$), яку необхідно використати для добування 120 кг амоніачної селітри.
- 5 Збагачений солі горський силвініт містить 20% K_2O . Якій кількості калій хлориду (у відсотках) це відповідає?

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Силікатні вироби**

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини для виробництва керамічних виробів, в'язучих речовин та скла. Навчити будувати технологічні схеми виробництва з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від сировини, що використовується для добування скла, керамічних виробів та в'язучих матеріалів.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Класифікація керамічних виробів. Виробництво кераміки, фарфору.
2. Виробництво силікатної цегли.
3. Виробництво в'язучих речовин: вапна, гіпсу, цементу. Виготовлення різних видів бетону для будівельних робіт.
4. Виробництво скла та скляних виробів.

Задачі:

- 1 Для виробництва цементу використовують вапняк, що містить 0,92 масової частки CaCO_3 та глину з 0,48 – SiO_2 . Яку масу глини потрібно взяти на кожну тону вапняку, щоб вміст кальцій оксиду в цементі становив 0,62 масової частки, а силіцій оксиду – 0,22?
- 2 Яка маса поташу з вмістом K_2CO_3 80%, крейди з 90% CaCO_3 та піску з 95% SiO_2 потрібна для отримання 300 кг скла складу $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$?
- 3 Розрахувати масу продукту, який отримують при обпалюванні 1 т вапняку, який містить 0,90 масової частки CaCO_3 , 0,06 – MgCO_3 та 0,04 – SiO_2 .
- 4 Найбільш легкоплавке скло складається з 84% PbO_2 , 11,5% B_2O_3 та 4,5% SiO_2 . Скільки потрібно взяти сурику Pb_3O_4 , боратної кислоти та кварцового піску для виготовлення 10 г такого скла?
- 5 З 1 кг розплавленого скла можна витягнути в нитку 26 млн. м. Розрахуйте діаметр цієї нитки, якщо густина скла $2,6 \text{ г/см}^3$.

РОБОТА 5. Виготовлення легкоплавкого скла

Загальними властивостями скла є його прозорість, мала теплопровідність, хімічна стійкість, однорідність маси, сталість оптичних показників з часом, велика твердість, малий коефіцієнт термічного розширення, високі діелектричні показники. Міцність при стисканні у скла досягає до 200 кг/мм і набагато перевищує міцність при розтягуванні, яка дорівнює звичайно 3-8 кг/мм. Твердість скла за шкалою Мооса дорівнює 5-7, воно легко ріжеться топазом, корундом і алмазом, твердість яких відповідно дорівнює 8, 9 та 10.

Характерною властивістю розплавлення скла є поступове зростання в'язкості при зниженні температури. Тверднення скла відбувається в деякому інтервалі температур. Якщо цей інтервал малий, то скло називають *коротким*, а якщо великий – *довгим*. Залежно від застосування є багато видів скла. Переважна більшість їх складається з великої кількості компонентів, кварцове скло – тільки з кремнезему.

До складу сировини для виробництва скла повинні входити матеріали, які містять основні склотворні оксиди – силіцій оксид, бор оксид, фосфор (V) оксид – і додатково оксиди лужних, лужноземельних та інших металів як допоміжних оксидів, що утворюють скло разом з основними оксидами.

Підготовка сировини полягає в збагаченні кварцового піску, сушінні, просіюванні, зважуванні і старанному перемішуванні сирих компонентів, а іноді й брикетування шихти.

Дослід 1. Приготування скла з температурою плавлення 540 °C

Реактиви: кварцовий пісок, плюмбум (II) оксид, бор оксид, сода або поташ.

Обладнання: фарфоровий тигель об'ємом 20–30 см³, тигельні щипці, електропіч, жаровня з піском.

Виконання роботи: Температура плавлення скла залежить від співвідношення реактивів. Для виготовлення скла необхідне таке співвідношення реактивів:

PbO	B ₂ O ₃	SiO ₂
75%	15%	10%

Розрахувати масу реактивів, необхідну для виготовлення 5 г скла. Оксиди розтерти в ступці і просіяти крізь сито з дрібними отворами так, щоб розмір частинок був не більше 0,1 мм. Зважити підготовлені оксиди відповідно до розрахованої маси. Зважування проводити на техно-хімічних вагах із точністю до 0,01 г. Далі суміш оксидів перемішати в ступці. Суміш помістити в тигель і поставити в нагріту до 540°C піч. Для отримання однорідної скломаси суміш потрібно витримувати в розплавленому стані протягом 10 – 15 хв. Після закінчення варки скла тигель вийняти з печі, і отримане скло вилити на чисту залізну або нікелеву пластинку, або керамічну плитку.

Місце для розрахунків:

Заповніть таблиці 1 та 2:

Таблиця 1

Маси компонентів вихідної суміші

Компонент	PbO	B ₂ O ₃	SiO ₂
Маса компоненту, г			

Розрахуйте масу скла, яку можна добути з використаних реактивів. Зважте отриманий продукт та розрахуйте його вихід (γ %).

Вихід скла

Теоретична маса скла $m_{теор}, г$	Маса отриманого скла $m_{пр}, г$	η (виходу), $(\frac{m_{пр}}{m_{теор}} \cdot 100), \%$

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

1. Маса суміші кальцій карбонату і магній карбонату становить 3,688 г. Після прожарювання маса суміші зменшилась до 1,928 г. Розрахувати масову частку компонентів у вихідній суміші.
2. При обробці вапняку масою 30 г утворився вуглекислий газ об'ємом 5,6 л (н.у.). Визначте масову частку (у %) не карбонатних домішок у вапняку.
3. Наважку доломіту масою 4 г обробили надлишком нітратної кислоти. При цьому виділився карбон (IV) оксиду об'ємом 0,8 л (н.у.). Визначте масову частку не карбонатних домішок у доломіті.
4. Запаси доломіту складають 250 млн. тонн. На скільки років їх вистачить, якщо завод випускає 4930 тис. тонн вапняної муки в рік, а коефіцієнт використання 1,2.
5. Яка маса поташу з вмістом K_2CO_3 85%, крейди з 95% $CaCO_3$ та піску з 90% SiO_2 потрібна для отримання 0,5 т скла складу $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$?

Модуль 4**Завдання для самостійної підготовки****Тема: Добування металів. Виробництво чавуну та сталі**

Мета: сформулювати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, металів в промислових масштабах, визначити основні способи добування металів, класифікацію металів. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розглянути основні принципи та закономірності роботи доменної печі та умови варіння сталі. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від сировини, що використовується для різних сортів чавуну та сталі.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Класифікація металів та їх використання.
2. Методи добування металів (відновлення оксидів, термічний розклад йодидів, електроліз водних розчинів солей та розплавів та ін.)
3. Доменне виробництво чавуну:
 - а) сировина для доменного процесу та її обробка;
 - б) будова доменної печі;
 - в) теоретичні основи доменного виробництва, продукти доменного виробництва.
4. Виробництво сталі. Хімічні основи процесу.
5. Основні способи виплавки сталі:
 - а) мартенівський спосіб;
 - б) киснево-конверторний спосіб виробництва сталі;
 - в) виплавка сталі в електричних печах;
 - г) переробка сталі у вироби.

Задачі:

- 1 Скільки заліза можна отримати з 1 т червоного залізняку, що містить 0,55 масової частки заліза? Виробничі втрати становлять 0,05 масової частки.
- 2 В результаті спалювання зразку сталі масою 5 г в потоці кисню утворилось 50,9 мл карбон (IV)оксиду. Скільки карбону містилось в сталі?
- 3 При добовій виплавці чавуну масою 6000 т з доменної печі виділяється 12,7 млн. м³ газу, що містить 0,24 об'ємної частки CO, 0,22 – CO₂ та 0,06 – H₂, інше – азот повітря, що подається в домну. Скільки повітря використовується на 1 т чавуну та подається в домну за хвилину?
- 4 Скільки заліза в масовій частці міститься в 1000 т чавуну, який виплавлений з 1429 т залізної руди? За аналітичними даними руда містить 0,62 масової частки феруму.
- 5 Скільки бурого залізняку потрібно для виплавки 5000 т чавуну, який містить 0,92 масової частки заліза, якщо в склад руди входить 0,80 масової частки лимоніту (2Fe₂O₃•3H₂O)?

РОБОТА 6. Добування металів і сплавів з оксидів дією вуглецю

Вуглець при високих температурах володіє сильними відновними властивостями. Він може відновлювати найстійкіші оксиди, такі як алюміній, магній, титан, цирконій оксиди та ін. Проте багато металів, які добуваються, активно сполучаються з вуглецем і утворюють міцні карбіди, наприклад CaC₂, TiC, ZrC і т. д. Тому відновлювати вуглецем можна тільки такі метали, які не утворюють карбідів. На практиці з стійких оксидів відновлюють вуглецем тільки один магній, який випаровується з реакційного простору, і пари його уловлюються.

Мета роботи. Відновити вугіллям один з металів, свинець або вісмут.

Реактиви: деревне вугілля; оксиди металів: PbO, Bi₂O₃

Обладнання: високий фарфоровий тигель місткістю 50-60 см³; муфельна електропіч на 1100°C; тигельні щипці; підставка для тиглю (цеглина і т.п.); технічні та аналітичні терези з різноважками.

Виконання роботи.

1. Для проведення реакції деревне вугілля подрібнити до дрібної крихти і відсіяти від вугільного пилу. Вугілля береться у надлишку, оскільки частина його окислюється за рахунок проникаючого в тигель повітря. Розрахунок провести на 2 г оксидів, вважаючи (для спрощення розрахунку), що вугілля окислюється до карбон (II) оксиду і не має домішок.
2. На дно тиглю насипати суміш оксиду з вугіллям (рис. 2). Зверху суміш засипати шаром вугільної крихти товщиною в 1 см, щільно закрити тигель кришкою і помістити його в електропіч. У разі відсутності кришки тигель потрібно щільно закрити шматком азбесту і зверху засипати кварцовим піском. Реакцію проводити при 800 °С протягом 10-12 хв.
3. Потім тигель вийняти, швидко вилити розплавлений метал на металеву або керамічну поверхню. Гарячий тигель поставити в пісок .

При надлишку вугілля відновлення металу проходить практично повністю, проте внаслідок втрат за рахунок неповноти відділення металу, вихід далекий від 100%.

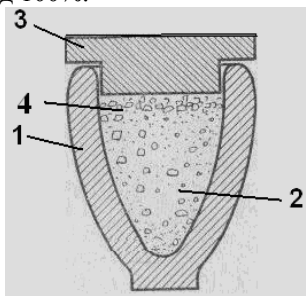


Рис. 2. Тигель з сумішшю для добування металів відновленням вугіллям із оксидів: 1 – фарфоровий тигель, 2 – суміш оксиду металу з деревним вугіллям, 3 – кришка тиглю, 4 – шар вугілля.

4. Розрахувати теоретичний вихід металу. Зважити отриманий метал та розрахувати практичний вихід металу (у %).

Оформлення результатів роботи: знайти вихід металу у відсотках, заповнити таблицю:

Місце для розрахунків:

Маса оксиду, г	Теоретична маса металу, г	Практична маса добутого металу, г	η (вихід), $(\frac{m_{np}}{m_{теор}} \cdot 100)$, %

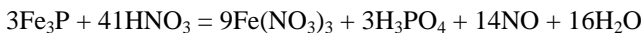
Дата

Підпис викладача

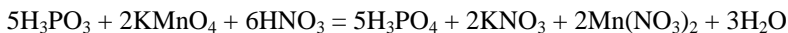
РОБОТА 7. Визначення вмісту Фосфору в сталі або чавуні

Найпоширенішим методом визначення фосфору в сталі є об'ємний або алкаліметричний метод.

Наважку сталі розчиняють в кислотах, що володіють сильними окислювальними властивостями (іноді використовують царську горілку). При цьому Фосфор, що міститься в зразку переважно у вигляді фосфідів, окиснюється до фосфатної кислоти:



Для запобігання можливості утворення кислот з меншим ступенем окислення Фосфору, наприклад фосфітної кислоти, в розчин додають калій перманганат:



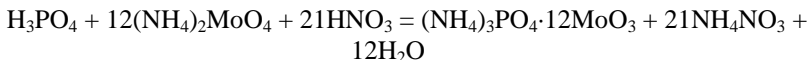
Розчин калій перманганату додається в надлишку, тому іноді за рахунок розкладання калій перманганату утворюється темно-коричневий осад манган діоксиду:



Осад манган діоксиду розчиняють ферум (II) сульфатом:



Для визначення Фосфору фосфатну кислоту осаджують розчином амоній молібдату:



Осадження амоній фосфатомолібдату проводять з слабокислого розчину, до якого додають 5-10%-вого амоній нітрату для зниження розчинності осаду. Дуже висока концентрація нітратної кислоти може привести до руйнування комплексної сполуки, а низька може привести до забруднення осаду молібдатною кислотою, яка малорозчинна у воді і в розбавлених кислотах. Оптимальною температурою для осадження є 60-70 °С. Випадання осаду гальмується при наявності в розчині великої кількості сульфатів, хлоридів та фторидів. Заважають визначенню арсенатна і силікатна кислоти, оскільки вони також утворюють комплексні сполуки з амоній молібдатом.

Одержаний осад відфільтрувати, відмити від кислоти і титрувати лугом:



За кількістю лугу, що пішов на титрування, розрахувати кількість Фосфору.

Осад можна також висушити при 105 °С і зважити у вигляді $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$. При прожарюванні (температура 400-500 °С) ця речовина розкладається і утворює речовину складу $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 12\text{MoO}_3$.

Мета роботи. Визначити кількість фосфору в зразку сталі або чавуну.

Реактиви: нітратна кислота (1:2), 2%-вий розчин калій перманганату, насичений розчин ферум (II) сульфату, 25%-вий розчин амоніаку, розчин

амоній молібдату (молібденова рідина), 1%-вий розчин (нейтральний) амоній або калій нітрату, 0,02%-вий водний розчин метилоранжу, титрований розчин нітратної кислоти, титрований розчин калій або натрій гідроксиду, розчин фенолфталеїну.

Обладнання: бюретка, колби, мірні циліндри, фільтри.

Виконання роботи.

1. 0,5 г сталі помістити в конічну колбу на 250 мл, додати 10 мл нітратної кислоти, розбавленої 1:2 (*виконувати під витяжною шафою!*). Кислоту додати спочатку невеликими порціями, оскільки реакція протікає бурхливо.
2. Розчин нагріти до повного розчинення сталі.
3. До гарячого розчину додати розчин калій перманганату до появи стійкого малинового забарвлення. Розчин кип'ятити 5 хв, і до гарячого розчину для розчинення манган діоксиду, що випав в осад, додати по краплинах розчин ферум (II) сульфату.
4. Розчин повторно кип'ятити 1-2 хв, охолодити до 60-70°C, нейтралізувати розчином амоніаку до утворення невеликого осаду ферум (III) гідроксиду.
5. Осад розчинити в концентрованій нітратній кислоті, яку додати в розчин по краплинах. Потім додати ще 5 мл нітратної кислоти. До прозорого розчину, при температурі близько 60-70°C, долити 30 мл розчину амоній молібдату, суміш енергійно збовтати протягом 1-3 хв до появи жовтого осаду і залишити стояти протягом 0,5-1 год для осадження амоній фосфатомолібдату.
6. Жовтий осад відфільтрувати через подвійний фільтр з синьою стрічкою, промити колбу і осад на фільтрі 5%-вим розчином амоній нітрату або калій нітрату до нейтральної реакції. Для цього час від часу фільтрат збирати в пробірку і додати декілька краплин метилоранжу.
7. Промитий осад разом з фільтром перенести в колбу, в якій проводилося осадження, долити 20 мл титрованого розчину лугу і збовтати до тих пір, поки фільтр не розпадеться на волокна і жовтий осад повністю не розчиниться. Луг має бути в надлишку, на що вказує зміна забарвлення фенолфталеїну. При відсутності забарвлення в розчин додають ще 10-15 мл титрованого розчину лугу.
8. В колбу додати 20 мл свіжопротип'яченої води (що не містить карбон діоксиду) і, промивши стінки колби водою, розчин титрувати розчином нітратної кислоти до зникнення малинового забарвлення фенолфталеїну.
9. Вміст фосфору в сталі розрахувати за формулою:

$$P = \frac{T_p \cdot (V - V_1 \cdot C) \cdot 100\%}{m}$$

де, T_p – титр розчину лугу, мг/л;

V – об'єм розчину лугу, взятого для розчинення осаду, мл;

V_1 – об'єм нітратної кислоти, що використано на титрування надлишку лугу, мл;

C – співвідношення між концентраціями лугу і нітратної кислоти ($C_{\text{NaOH}}/C_{\text{HNO}_3}$) – визначається шляхом титрування кислоти лугом, $C = V_{\text{NaOH}}/V_{\text{HNO}_3}$.

m – маса зразка сталі або чавуну, $г$.

Величина $(V - V_1 \cdot C)$ – об'єм лугу, який використовується на розчинення осаду амоній фосфатомолібдат. Так як до осаду додають надлишок лугу, об'єм лугу, що взаємодіє з осадом, визначають за різницею об'єму розчину лугу, взятого для розчинення осаду (V) і об'єму нітратної кислоти, що пішла на титрування надлишку лугу (V_1), помножену на співвідношення між лугом і кислотою (C).

Оформлення результатів роботи

Одержані цифрові дані занести в таблицю.

Маса наважки сталі або чавуну (m), $г$	Об'єм розчину лугу, взятого для розчинення осаду (V), $мл$	Об'єм HNO_3 , що використано на титрування надлишку лугу (V_1), $мл$	Титр лугу (Tr), $мг/л$	Вміст Фосфору, %

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- Зразок марганцевої руди містить 25 % MnO_2 . Яка маса марганцю може бути одержана з 1 t такої руди?
- Зразок залізної проволочки масою 0,21 $г$ розчинено в H_2SO_4 без доступу повітря. На окиснення одержаного ферум (II) сульфату затрачено 33,6 $мл$ 0,1103 n розчину KMnO_4 . Визначити масову частку заліза в проволочці.
- Яка маса силіцій діоксиду вступила в реакцію відновлення в доменній печі при виплавці 1400 t чавуну, що містить 0,04 масової частки силіцію.
- У 200 $мл$ 0,1 M розчину купрум (II) сульфату занурено залізну пластинку масою 10 $г$. Визначте масу пластинки після закінчення реакції.
- Скільки бурого залізняку потрібно для виплавки 2000 t чавуну, який містить 0,96 масової частки заліза, якщо в склад руди входить 0,80 масової частки червоного залізняку (Fe_2O_3)?

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Кольорова металургія**

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, кольорових металів. Розглянути основні процеси, що відбуваються під час виробництва міді, алюмінію, цинку, титану та свинцю. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси при електролізі та при пірометалургійному виробництві кольорових металів.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Виробництво міді.
2. Технологія виробництва алюмінію. Попередня підготовка сировини, отримання глинозему. Електроліз кріоліт-глиноземного розплаву.
3. Виробництво цинку та свинцю (складіть технологічні схеми виробництва).
4. Сплави кольорових металів, їх застосування.
5. Значення і класифікація рідкісних металів. Виробництво титану (складіть технологічну схему виробництва).

Задачі:

- 1 Сплав містить 1,8% міді. Для електролізу взята наважка масою 3,62 г. Яка маса міді виділиться на катоді при електролізі, якщо вихід за струмом 95%.
- 2 При добуванні алюмінію електролізом глинозему при силі струму 150000 А за добу утворюється 1050 кг металу. Розрахуйте вихід за струмом.
- 3 Електроліз солі свинцю проводили з розчину нітратної кислоти при силі струму 0,25 А протягом 20 хв. Розрахувати масу PbO_2 , який виділився на аноді.
- 4 На розчинення 10 г сплаву магнію з алюмінієм витрачено 138,9 мл 20 % хлоридної кислоти. Обчислити масову частку компонентів в сплаві.
- 5 Цинкова обманка містить 30 % ZnS . Скільки теоретично можна одержати цинку і 92 % H_2SO_4 з 1 т цієї руди ?

РОБОТА 8. Електроосадження металів

Розділ хімічної технології, що використовує електроліз для нанесення будь-якого металу у вигляді покриття на поверхню виробу називається *гальваностегією*. У промисловості використовують функціональні, захисні і декоративно-захисні покриття. Функціональні покриття підвищують електропровідність, зносостійкість, жаростійкість виробу або надають йому здатність до пайки. Захисні покриття використовують для підвищення корозійної стійкості виробів, що експлуатуються в середовищах з підвищеною агресивністю.

Виріб, який покривається при електролізі, є катодом і на ньому відбувається відновлення катіонів або комплексних аніонів до металу. При електроосажденні металів використовують електроліти, складовою частиною яких є солі або комплексні сполуки металів. В процесі електроосаждення зменшується концентрація йонів металу в розчині. Для стабільного протікання процесу електролізу необхідно постійно поновлювати електроліт катіонами металу по мірі їх витрачання, що досягається використанням розчинних анодів з того ж металу, який наноситься на виріб у вигляді покриття. До складу електролітів входять також добавки спеціального призначення. Сульфати та сульфатна кислота підвищують електропровідність розчину. Крім того, в складу електролітів вводять поверхнево-активні речовини та колоїдні добавки (декстрин та ін.), в присутності яких відбувається вирівнювання поверхні і покриття стає дрібнокристалічним і блискучим.

Для надання поверхні виробу тих чи інших властивостей, необхідно одержати покриття певної товщини, яка залежить від маси металу покриття. Маса металу, який осаджується при електролізі, розраховується за законом Фарадея:

$$m = \frac{M}{z \cdot F} \cdot I \cdot t, \quad (1)$$

де M – молярна маса металу, $г/моль$;

z – число електронів, які приймають участь в катодній реакції відновлення;

I – сила струму, A ;

t – час електролізу, $с$;

F – число Фарадея, $F = 96485 \text{ Кл } (A \cdot c) = 26,8 A \cdot год$.

При електролізі маса металу покриття може відрізнятись від теоретичної, яка обчислена за законом Фарадея. Пояснюється це тим, що поряд з процесом відновлення йонів металу на катоді відбуваються інші електродні процеси: виділення водню або електролітичне осадження інших металів. Кількісною мірою протікання побічних процесів при електролізі є вихід за струмом:

$$\beta = \frac{m_{\text{прак}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Швидкість процесу електролізу залежить від сили струму (закон Фарадея) і визначається густиною струму j ($A/см^2$ або $A/дм^2$):

$$j = \frac{I}{S} \quad (3)$$

де I – сила струму, A ;

S – площа поверхні зразка, $дм^2$.

Мета роботи. 1. Ознайомитися з технологічними процесами, які відбуваються при нанесенні цинкового покриття методом гальваностегії.

2. Визначити технологічні параметри процесу: вихід за струмом, товщину і швидкість нанесення покриття.

Реактиви: цинкові пластинки (аноди); стальна пластинка або вироби з сталі для нанесення покриття (катоди); натрій карбонат або пральний порошок для знежирення поверхні; електроліт для цинкування; розчин для активації (10%-вий розчин HCl).

Обладнання: установка для електролізу; випрямляч; амперметр; склянки для промивання об'ємом 100 см³.

Склад електроліту для цинкування:

цинк сульфат – 300 г/л;

натрій сульфат – 100 г/л;

алюміній сульфат – 50 г/л;

декстрин – 10 г/л;

$pH = 3,5-4,5$; $j = 2 \text{ A/дм}^2$; $t = 30 \text{ хв}$.

Установка для електроосадження металів (рис. 3) містить випрямляч 1 і ванну для електролізу 3. За допомогою амперметра 2 контролюється сила струму, що подається в електролізер. Цинкові аноди 4 розміщені з двох сторін катоду 5, яким служить стальний виріб, який і покривається цинком.

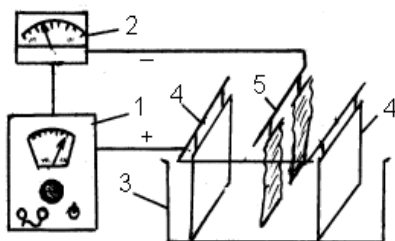


Рис. 3. Схема установки для електроосадження металів:
1 – випрямляч;
2 – амперметр;
3 – ванна для електролізу;
4 – цинкові аноди;
5 – катод (сталений виріб).

Виконання роботи:

1. Зібрати установку для електроосадження металів, за схемою на рис. 4.
2. Підготувати стальний зразок: очистити його поверхню наждачним папером, знежирити пральним порошком або содою і промити проточною водою. Провести активацію поверхні зразка, зануливши його на 10 с у 10%-вий розчин HCl, промити водою і висушити фільтрувальним папером.
3. Зважити зразок, виміряти його довжину і ширину, обчислити площу з обох сторін і розрахувати за формулою (3) необхідну силу струму. Густина струму повинна дорівнювати 2 A/дм^2 .

Таблиця 1

Маса зразка (m_1), г	Довжина зразка, дм	Ширина зразка, дм	Площа зразка з обох сторін (S), дм ²	Сила струму (I), А

4. Занурити зразок в електроліт між двома анодами, приєднати до джерела струму, включити струм, встановити необхідну за розрахунками силу струму і записати час занурення. При зануренні зразка в електролізер рівень електроліту повинен бути нижче місця контакту зразка з підвісом.
5. Через 30 хв вимкнути струм, промити зразок водою, висушити фільтрувальним папером і зважити. За зміною маси зразка розрахувати вихід за струмом, товщину покриття і швидкість електроосадження. Вихід за струмом розрахувати за формулою (2). Товщину покриття розрахувати за формулою:

$$\delta = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^4}{\rho \cdot S},$$

- де δ – товщина покриття, *мкм*;
 m_2 – маса зразка з покриттям, *г*;
 m_1 – початкова маса зразка, *г*;
 ρ – густина матеріалу покриття, *г/см³*; (для цинку 7,13 *г/см³*)
 S – площа поверхні зразка, *см²*;
 10^4 – коефіцієнт для перерахунку сантиметрів у мікрометри.

Середню швидкість електроосадження v розрахувати за формулою:

$$v = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{t},$$

- де $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – товщина покриття 1, 2 і 3 зразка, *мкм*;
 t – час процесу електроосадження, *год*.

Таблиця 2

Час процесу електроосадження (t), <i>год</i>	Маса зразка з покриттям (m_2), <i>г</i>	Густина матеріалу покриття (ρ), <i>г/см³</i>	Товщина покриття (δ), <i>мкм</i>	Швидкість електроосадження (v), <i>мкм/хв</i>	Середня швидкість електроосадження (v), <i>мкм/хв</i>

6. Повторити дослід по електроосадженню в заданому режимі не менше трьох разів і провести відповідні розрахунки. На основі трьох дослідів розрахувати середню товщину і швидкість нанесення покриття.

Оформлення результатів роботи. Зробити всі розрахунки. Основні параметри технологічного процесу і одержані результати занесіть у відповідні таблиці. Розрахуйте вихід утворення покриття за струмом (*формула 2*).

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Скільки часу потрібно проводити електроліз електроліту для повного виділення міді при силі струму $0,3\text{ А}$, якщо вміст міді в електроліті $0,2\text{ г}$, а вихід міді за струмом 90% .
- 2 При розчиненні у хлоридній кислоті $5,58\text{ г}$ суміші порошків заліза і цинку виділилось 2016 мл водню (н.у.) Визначте склад узяті суміші.
- 3 Скільки цинку виділиться на катоді при електролізі розчину цинк сульфату, якщо час електролізу 30 хв. , сила струму $0,5\text{ А}$, а вихід за струмом 85% .
- 4 Над 50 г плюмбум (II) оксиду пропустили карбон (II) оксид, об'єм якого при н.у. становить 7 л . Таким способом було відновлено 98% маси PbO . Складіть матеріальний баланс відновлення плюмбум (II) оксиду до вільного металу.
- 5 Який об'єм нітроген (II) оксиду (н.у.) можна одержати нагріванням 20 г мідних ошукрок, що містять 4% не реагуючих домішок, з достатнім об'ємом розчину нітратної кислоти?

Модуль 5

Завдання для самостійної підготовки

Тема: Хімічна переробка палива. Виробництво метилового та етилового спиртів, ацетилену

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки різних видів палива. Визначити основні напрямки переробки палива та подальше використання продуктів цієї переробки. Розглянути способи синтезу спиртів та виробництва ацетилену. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Переробка твердого палива. Коксування вугілля.
2. Газифікація та гідрогенізація твердого палива.
3. Переробка нафти та нафтопродуктів. Види рідкого палива. Октанове та цетанове число палива.

4. Крекінг та ароматизація нафтопродуктів.
5. Розвиток промисловості органічного синтезу. Тонкий і основний органічні синтези. Продукти органічного синтезу.
6. Технологія виробництва метилового спирту. Фізико-хімічні умови синтезу.
7. Технологія виробництва етилового спирту:
 - 1) біохімічний спосіб;
 - 2) добування гідролізного та сульфітного спиртів;
 - 3) синтетичний етиловий спирт.
8. Виробництво ацетилену та синтези на його основі.
 - 1) виробництво карбіду кальцію та ацетилену;
 - 2) виробництво ацетилену піролізом метану;
 - 3) синтез ацетатної кислоти.

Задачі:

- 1 Яку масу вапняку потрібно обпалити, щоб карбідним способом отримати ацетилен, якого б вистачило для синтезу 500 кг 25%-вого розчину ацетальдегіду.
- 2 Який об'єм вінілхлориду утворюється з ацетилену, що добуто з 3 м³ природного газу (0,96 об'ємної частки CH₄)? Вихід вінілхлориду 80% від теоретично можливого. Який об'єм гідроген хлориду (при н. у.) для цього потрібно?
- 3 Обрахуйте масу та об'єм повітря (н.у.), який необхідно для спалювання 1 кг бензину, приблизний склад якого по масі: С – 0,86 та Н – 0,14. Вміст кисню в повітрі 0,21 за об'ємом та 0,23 за масою.
- 4 В тонні вугілля міститься 0,02 масової частки азоту. Яку масу амоній сульфату можна добути при хімічній переробці 0,2 масових частин такого вугілля?
- 5 Визначте витрату бурого вугілля, який містить 70% карбону, водяної пари та повітря для отримання 1000 м³ генераторного газу наступного складу: 40 об.% CO, 18% – H₂, 42% – N₂.

РОБОТА 9. Технічний аналіз твердого палива

При технічному аналізі твердого палива визначають вологість, зольність та вміст летких продуктів. Від вологості залежить теплотворна здатність палива. Вміст води залежить від виду палива, у першу чергу від його віку. Наприклад, у торфі міститься до 25% води, а в антрациті її не більше 1,5%. Мінеральні речовини палива, складовою частиною яких є карбонати, силікати, сульфати металів, при спалюванні залишаються у вигляді золи. При цьому багато речовин розкладаються з утворенням оксидів. Крім того, до складу золи входить пісок та глина. До летких речовин належать газоподібні та пароподібні продукти, які виділяються при нагріванні твердого палива без доступу повітря. Разом з леткими речовинами виходить вода. Вихід летких речовин дозволяє зробити висновок про доцільність хімічної переробки твердого палива для одержання рідких та газоподібних продуктів. Доцільність використання

кам'яного вугілля для процесів коксування визначається здатністю його до спікання, тобто до утворення твердого спеченого залишку – коксу.

Мета роботи. 1. Провести суху перегонку кам'яного вугілля та деревини, визначити вихід твердих, рідких та газоподібних продуктів. 2. Визначити вологість і зольність кам'яного вугілля і деревини. 3. Скласти спрощений матеріальний баланс процесу коксування.

Реактиви: тверде паливо.

Обладнання: електропіч; сушильна шафа; електромлин для розмелу палива; бюкс з кришкою (висота 25 мм, діаметр 35 мм); фарфоровий тигель з кришкою (висота 40 мм, діаметр 30 мм); тигельні щипці; ексикатор з кальцій хлоридом.

Методика роботи. Аналіз твердого палива виконується в такій послідовності:

1. Визначення вологості – тривалість 2 год.
2. Визначення летких речовин у паливі – тривалість 10 хв.
3. Визначення попільності – тривалість 2 год.

Визначення вологості твердого палива. У зважений фарфоровий бюкс помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Помістити бюкс у сушильну шафу і висушити паливо протягом 2 год при 105 °С. Висушене паливо вийняти з печі, закрити бюкс кришкою, охолодити спочатку на повітрі, потім у ексикаторі та зважити. Повторно висушити паливо при тій же температурі протягом 30 хв і якщо втрата маси не перевищує 0,01 г вважати процес виділення з палива вологи завершеним. Вміст вологи розрахувати за формулою:

$$\omega_1 = \frac{\Delta m}{m_1} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси бюксу з паливом після висушування, г ;
 m_1 – наважка палива, г.

Визначення летких речовин у паливі. У зважений фарфоровий тигель помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Закрити тигель кришкою, помістити його щипцями в електричну піч, нагріту до температури 800 °С і витримати при цій температурі 10 хв. Після цього вийняти тигель, охолодити на повітрі 5 хв, а, потім в ексикаторі до кімнатної температури. *Кришку при цьому не знімати.* Охолоджений тигель зважити. Вміст летких речовин $\omega_{\text{ЛР}}$ розрахувати за формулою:

$$\omega_{\text{ЛР}} = \frac{\Delta m - m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_2} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси після прожарювання, г ;
 $m_{\text{H}_2\text{O}}$ – маса вологи в паливі, г;
 m_2 – вихідна наважка палива, г.

Масу вологи у паливі розрахувати за вологістю палива (див. визначення вологості) та вихідною наважкою палива:

$$m_{H_2O} = \frac{\omega_1 \cdot m_2}{100\%}.$$

Визначення зольності твердого палива. У зважений фарфоровий тигель помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Помістити тигель в електричну піч і поступово, протягом 1 год підвищити температуру до 800 °С і витримати при цій температурі 2 год. Після цього фарфоровий тигель вийняти щипцями з печі, закрити кришкою, охолодити на повітрі і перенести в ексікатор в якому охолодити до кімнатної температури. Зважити тигель із залишком і, для перевірки повноти згоряння, періодично прожарювати при тій же температурі протягом 30 хв до тих пір, поки різниця у визначенні маси не становитиме 0,01 г. Попільність розрахувати за формулою:

$$\omega_2 = \frac{\Delta m}{m_3} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси після спалювання, г ;
 m_3 – наважка палива, г.

Оформлення результатів роботи.

Результати визначення технічних показників заносимо в таблицю.

Вологість, вміст летких речовин та зольність твердого палива.

Маса палива	Технічна характеристика	г	%
$m_1 =$	Вологість	$\Delta m =$	
$m_2 =$	Леткі продукти (без води)	$\Delta m =$	
$m_3 =$	Зольність	$\Delta m =$	

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Розрахуйте об'єм 2 н BaCl_2 , який необхідний для осадження SO_4^{2-} , який отриманий при переробці 1,2 т вугілля, що містить 0,03 масової частки сульфур.
- 2 Кожного року в світі коксують 150 млн. т вугілля, причому з коксовими газами виділяється до 800 тис. т гідроген сульфід. Визначити середній вміст сульфур в вугіллі
- 3 При транспортуванні 300 т торфу, що містить 50% по масі вологи сталося часткове підсушування до 30% вологи. Яка маса торфу буде доставлена до споживача?

- 4 Яку масу технічного кальцій карбїду, що містить 20% домішок, необхідно для добування 1000 л льодяної ацетатної кислоти (густина 1,049 г/мл)?
- 5 Скільки ацетилену та гідроген хлориду необхідно для добування 1 т вінілхлориду з концентрацією 98%, якщо вихід останнього складає 96% теоретичного?

Модуль 6

Завдання для самостійної підготовки

Тема: Синтетичні смоли та пластмаси

Мета: сформувані уявлення про полімерні сполуки, їх класифікацію, способи добування, сировинну базу цих синтезів. Розглянути способи виробництва термореактивних та термопластичних пластмас. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути просторову уяву, для розуміння будови полімерних сполук.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Класифікація, фізико-хімічні властивості.
2. Методи синтезу полімерів. Поліконденсація та способи полімеризації.
3. Технологія виробництва поліетилену.
4. Технологія виробництва полістиролу, полівінілхлориду та фторопласту.
5. Синтетичні пластмаси. Склад та властивості пластмас.
6. Пластмаси на основі поліконденсаційних смол. Отримання фенол-формальдегідних смол.
7. Новолачні смоли, їх властивості та технологія виробництва.
8. Властивості та технологія виробництва резольних смол.

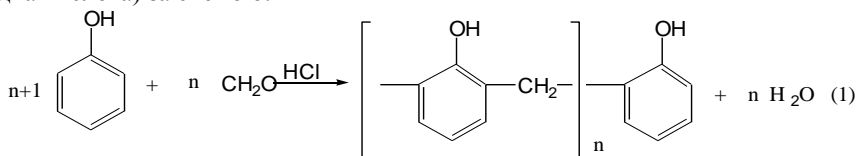
Задачі:

1. Напишіть рівняння реакцій, при яких проходять перетворення та вкажіть умови перетворення: кокс \rightarrow полістирол; кокс \rightarrow поліетилен
2. Який об'єм етилену при н.у. потрібно для добування 50 кг поліетилену полімеризацією. Вихід полімеру 92%
3. Для синтезу фенол формальдегідної смоли беруть на 1 моль фенолу 1 моль формальдегіду та 0,13 моль NH_3 . Скільки 32%-вого розчину формаліну та 25%-вого амоніаку потрібно на добування 1 кг фенол формальдегідної смоли.
4. Яку масу формальдегіду та фенолу потрібно для отримання 1000 кг фенол-формальдегідної смоли реакцією поліконденсації?
5. Яку масу поліетилену можна отримати з 784 м³ (н.у.) етилену, якщо вихід полімеру становить 92%? Який ступінь полімеризації?

РОБОТА 10. Одержання фенол-формальдегідних смол

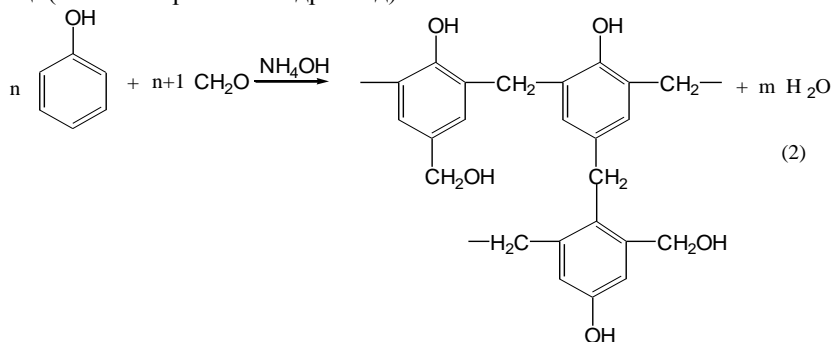
Фенол-формальдегідні смоли одержують методом поліконденсації мономерів у розчині в присутності хлоридної кислоти або амоній гідроксиду як каталізаторів (гомогенний каталіз). Поліконденсація фенолу з формальдегідом протікає через ряд послідовних і паралельних реакцій. Механізм реакції в значній мірі визначається молярним співвідношенням між фенолом і формальдегідом та природою каталізатору. В залежності від цього одержують новолачні або резольні смоли.

Новолачна смола одержується в процесі реакції поліконденсації фенолу та формальдегіду, які беруть у співвідношенні 7 моль фенолу на 6 моль формальдегіду. Реакція проходить у кислому середовищі (каталізатор хлоридна кислота) за схемою:



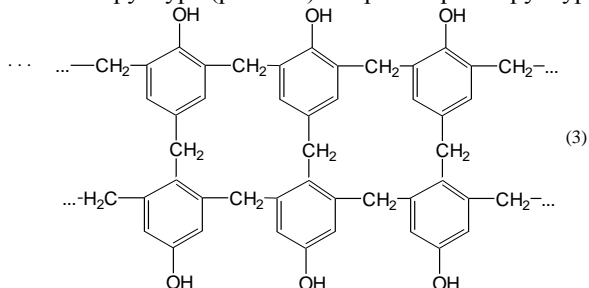
Процес поліконденсації екзотермічний. Тому для проходження реакції необхідно суворо дотримуватися температурного режиму. Ступінь поліконденсації дорівнює від 4 до 8 ($n = 4-8$). Новолачна смола має лінійну будову і внаслідок цього розчинна в органічних розчинниках (спирт, ацетон, етанол-бензенова суміш). Завдяки лінійній будові новолачна смола термопластична.

Олігомери резольного типу одержуються у лужному середовищі при співвідношенні фенолу та формальдегіду 6:7. Реакція протікає в лужному середовищі (каталізатор амоній гідроксид) за схемою:



Як видно з схеми (2), при надлишку формальдегіду приєднання ланцюгів $-\text{CH}_2-$ відбувається не лише в орто-, але також і в пара-положенні, що призводить до утворення розгалуженої структури – резолу. Внаслідок поліконденсації отримуємо резольну смолу з кількістю бензенових кілець від 5 до 10 (ступінь поліконденсації $n = 5-10$).

Наявність груп $-\text{CH}_2\text{OH}$ сприяє подальшому протіканню реакції поліконденсації і приводить до необоротних змін, які властиві для термореактивних смол. При нагріванні смоли до температури 150°C утворюється сітчаста структура (резитол) та трьохмірна структура (резит):



Смола, яка має сітчасту структуру резитолу здатна тільки набухати в органічному розчиннику, але не розчиняється в ньому. При нагріванні її відбувається розм'якшення. Резольна смола з трьохмірною структурою нерозчинна в органічних розчинниках, неплавка (термореактивна).

Мета роботи. 1. Ознайомитися з методами одержання новолачної та резольної фенол-формальдегідних смол. 2. Вивчити властивості фенол-формальдегідних смол.

Реактиви: фенол; 40%-вий формальдегід; хлоридна кислота ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$); 25%-вий амоній гідроксид; етанол; ацетон.

Обладнання: установка для синтезу смоли; фарфорова або алюмінієва чашка; піщана баня.

Дослід 1. Одержання новолачної смоли поліконденсацією фенолу з формальдегідом у кислому середовищі

Виконання роботи.

- Зважити на технічних терезах 2 г фенолу (*при роботі з фенолом надіти захисні окуляри*) та відміряти мензуркою $1,3 \text{ мл}$ 40%-вого розчину формальдегіду, помістити компоненти у круглодонний реактор 1 (рис. 4), додати 5 краплин концентрованої хлоридної кислоти і перемішати вміст колби скляною паличкою до повного розчинення.
- З'єднати реактор із зворотнім водяним холодильником, помістити прилад на піщану баню, повільно довести суміш до кипіння і продовжувати нагрівати до тих пір ($15\text{--}20 \text{ хв}$), поки суміш не розділиться на два шари: верхній – водний, нижній – в'язкий світло-жовтий, який являє собою продукт поліконденсації.
- Перелити вміст реактору в попередньо зважену фарфорову або алюмінієву чашку. Після охолодження верхній водний шар злити, а нижній – промити у гарячій дистильованій воді. (*Водний шар та промивну воду зливати у спеціальну банку для відходів*).

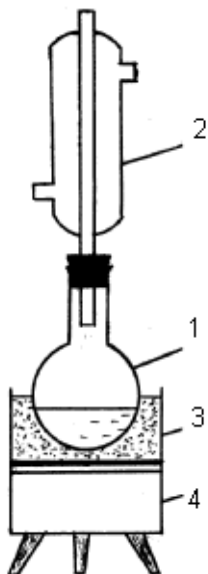


Рис. 4. Установка для синтезу фенолформальдегідних смол:
1 – реактор; 2 – зворотній водяний холодильник; 3 – піщана баня; 4 – електроплитка.

4. Нагріти чашку із смолою на піщаній бані, поступово довести температуру до 105 °С. Продукт поліконденсації спочатку піниться внаслідок випаровування присутньої в ньому води. Після виділення парів води піноутворення припиниться, смолоподібний продукт охолодити, зважити чашку разом з новолачною смолою та розрахувати її вихід на взятий фенол.

Приклад розрахунку теоретичної маси одержаної новолачної смоли.

Для реакції взято 2 г фенолу і 1,3 г 40%-вого розчину формальдегіду.

$$M(C_6H_5OH) = 94 \text{ г / моль},$$

$$M(CH_2O) = 30 \text{ г / моль},$$

$$n(C_6H_5OH) = \frac{2 \text{ г}}{94 \text{ г / моль}} = 0,0213 \text{ моль},$$

$$n(CH_2O) = \frac{1,3 \cdot 0,4}{30 \text{ г / моль}} = 0,0173 \text{ моль}.$$

Згідно рівняння реакції, для одержання новолачної смоли необхідно задати молярне співвідношення компонентів 7:6.

У нашій реакційній суміші співвідношення компонентів

$$0,0213 : 0,0173 = 1,231 : 1 = 7,4 : 6,$$

що дає підставу судити, що смолу, яку отримаємо, має тип новолачної. При повній взаємодії між компонентами повинно утворитися $m(\text{смоли}) = 2,15 \text{ г}$ новолачної смоли.

Результати розрахунків занесіть у таблицю1:

Таблиця 1

Маса теоретична ($m_{теор}$), г	Маса порожньої чашки (m_1), г	Маса чашки із смолою (m_2), г	Маса смоли ($\Delta m = m_2 - m_1$), г	η (виходу), ($\frac{m_2 - m_1}{m_{теор}} \cdot 100$), %

Місце для розрахунків:

5. Нагріти смолоподібний продукт до температури плавлення, вилити його на металевий лист та охолодити. Частину одержаної смоли використати для приготування лаку. Промити колбу і чашку етанолом від залишків новолачної смоли і злити у спеціальну банку.

Визначення властивостей новолачної смоли.

1. Дослідження розчинності смоли у органічних розчинниках. Для підтвердження лінійної будови полімеру 0,5 г одержаної смоли помістити у пробірку, додати 5 мл етанолу або ацетону і нагріти збовтуючи пробірку з вмістом. Спостерігати розчинення смоли, що підтверджує її лінійну будову.
2. Опишіть результати та зробіть висновок:

3. Використання новолачної смоли для одержання антикорозійного покриття. Підготувати зразок із сталі, зачистити його поверхню наждачним папером, знежирити содою або пральним порошком, старанно промити гарячою, а потім холодною проточною водою та висушити фільтрувальним папером. Одержаний в попередньому досліді розчин новолачної смоли рівномірно пензликом нанести на одну поверхню сталюого зразку і висушити покриття в сушильній шафі протягом 15 хв. при температурі 150 °С. Повторно нанести шар лаку та знову витримати зразок у печі 15 хв. Після охолодження зразки помістити в пробірки з 5 мл розчинів: 3%-вого NaCl, 0,1 н HCl і для контролю у воду. За результатами корозійних випробовувань визначити можливість використання покриття з новолачної смоли для захисту від корозії залізних виробів.

Опишіть результати та зробіть висновок:

Дослід 2. Одержання резольної фенолформальдегідної смоли

- Зважити на технохімічних терезах 2 г фенолу та відміряти мензуркою 1,9 мл 40%-вого розчину формальдегіду, помістити компоненти у реактор, додати 5 краплин 25%-вого розчину амоній гідроксиду і перемішати вміст колби скляною паличкою до повного розчинення. **Далі виконання роботи здійснити за тією ж методикою, що була використана для одержання новолачної смоли.** Довести суміш при перемішуванні до кипіння і нагрівати до розділення її на два шари: верхній – водний, нижній – в'язкий світло-жовтий, смолоподібний продукт поліконденсації. Реакцію проводити до тих пір поки об'єм водного шару не перестане збільшуватися.
- Після охолодження суміші верхній шар (надсмольну воду) злити у спеціальну банку, а нижній шар перенести у зважену фарфорову чашку і випаровувати до повного припинення спінювання розчину, поступово доводячи температуру до 100 °С. При цьому утворюється склоподібна прозора маса світло-жовтого кольору – резол, яка добре розчинна в етанолі або у суміші етанолу з бенzenом. Зважити фарфорову чашку з продуктом поліконденсації і визначити вихід резольної смоли в перерахунку на фенол. Для цього зробіть відповідні розрахунки та заповніть таблицю 2.

Таблиця 2

Маса теоретична (m_p), г	Маса порожньої чашки (m_1), г	Маса чашки із смолою (m_2), г	Маса смоли ($\Delta m = m_2 - m_1$), г	η (виходу), $(\frac{m_2 - m_1}{m_{теор}} \cdot 100)$, %

Місце для розрахунків:

- Частину резольної смоли нагріти на піщаній бані до 200 °С і витримати при цій температурі протягом 5 хв. Дослідити розчинність одержаного продукту в етанолі або ацетоні. Звернути увагу, що після нагрівання смола не розчиняється і не плавиться. Пояснити процеси, які відбулися при термічній обробці резольної смоли і зробити висновок про просторову структуру полімеру резиту.

Опишіть результати та зробіть висновок:

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Скільки ацетилену та гідроген хлориду (н.у.) необхідно для отримання 1 т полівінілхлориду, якщо вихід полімеру становить 96% від теоретичного.
- 2 При утворенні новолаку виділяється 0,6 кг води з розрахунку на 1 кг прореагованого фенолу. Визначте масу води, якщо для отримання ново лаку використано 200 кг формаліну, а мольне співвідношення фенолу та формальдегіду 7 : 6. Масова частка формальдегіду в формаліні 0,37.
- 3 Металургійний текстоліт випускається у вигляді плит розміром 0,8X0,5X0,07 м. Скільки 55%-го спиртового розчину резольної формальдегідної смоли використано для отримання 100 плит текстоліту? Густина текстоліту 1400 кг/м³. У вихідній смолі знаходиться 6% вільного фенолу, який повністю видаляється після сушки. Масова частка смоли в тканині після пресування 54%.
- 4 Скільки взято вінілхлориду і води, якщо об'єм автоклаву 25 м³, а коефіцієнт заповнення його 0,9. Латекс, що виходить з полімеризатору, має густину 1150 кг/м³ і містить 0,42 масові частини полівінілхлориду, а конверсія мономеру становить 92%.
- 5 Інтенсивність отримання поліетилену «НТ» 54 кг/м³ за годину (за полімером). Визначте витрати етилену (в м³, н.у.), якщо відомо, що сумарний ступінь конверсії етилену 80%, об'єм реактора 12 м³, а коефіцієнт його заповнення 0,8, час полімеризації 20 годин, густина етилену 1,26 кг/м³.

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Виробництво хімічних волокон**

Мета: сформувати уявлення про волокна, їх класифікацію, способи виробництва та режими обробки штучних та синтетичних волокон для отримання відповідних фізико-хімічних властивостей. Розглянути виробництва основних штучних та синтетичних волокон. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Поняття про волокна. Класифікація волокон. Штучні та синтетичні волокна.
2. Стадії виробництва хімічних волокон.
3. Технологія виробництва віскозного волокна. Зобразіть схематично послідовність процесів виробництва.
4. Ацетатні волокна, їх виробництво.
5. Синтез капролактаму та полікапроаміду.
6. Технологія виробництва капрону.
7. Технологія виробництва аніду, лавсану та нітрону.

Задачі:

- 1 Напишіть рівняння реакцій та вкажіть умови, при яких проходять перетворення: кокс \rightarrow нітрон
- 2 Яка маса бензену необхідна для синтезу 5 кг капрону, якщо вихід останнього 94%.
- 3 При неперервній мерсеризації целюлози в бак-мерсеризатор об'ємом 22 м³ поступає пульпа, яка містить 0,05 масової частки целюлози. Розрахуйте добове виробництво баку по целюлозі, якщо коефіцієнт його заповнення 0,8, тривалість мерсеризації 50 хв, густина пульпи 1100 кг/м³.
- 4 Розрахуйте число автоклавів полімеризації капролактаму, потужністю 3000 кг/добу кожний, для цеху, що випускає 8000 кг текстильної капронової нитки на добу. Норма витрат полімеру на 1 кг волокна складає 1,11 кг.
- 5 Визначте коефіцієнт використання капролактаму при виробництві текстильної капронової нитки, якщо за добу випускається 7000 кг нитки, яка містить 4% вологи і 6% замаслюється (по масі). Втрати виробництва становлять 17%.

Завдання для самостійної підготовки

Тема: **Виробництво каучуку та гуми**

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час виробництва природного та синтетичного каучуку, особливості будови різних видів синтетичних канчуків. Розглянути способи виробництва гуми, основні інгредієнти та режими виробництва. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів.

Професійна спрямованість: на основі отриманих знань майбутні хіміки розширюють кругозір про хімічні речовини, їх отримання та чистоту, про сировину з якої отримують продукти хімічної промисловості, що необхідно для подальшої роботи на хімічних підприємствах та в навчально-дослідних установах.

Розглянути теоретичні питання

1. Основні види каучуків та їх виробництво.
2. Виробництво бутадієн-стирольного каучуку.
3. Виробництво ізопренового та дивінілового канчуків.
4. Виготовлення гумової суміші та її інгредієнти.
5. Формування гумових виробів. Процес вулканізації.

Задачі:

1. Напишіть схему будови бутадієн-нітрильного каучуку, якщо він є регулярним полімером, в якому на один залишок акрилонітрилу приходить три залишки бутадієну
2. Припустивши, що бутадієн-стирольний каучук добувають шляхом полімеризації однакової кількості молекул бутадієну та стиролу, обрахуйте

- об'єм бутану (н.у.) і стиrolу, які необхідні для виробництва 1000 кг бутадієн-стирольного каучуку. Який ступінь полімеризації?
3. Який об'єм природного газу з об'ємним вмістом метану 0,95, необхідний для отримання 10 т стереорегулярного дивінілового каучуку?
4. Який об'єм бутану (н.у.) потрібно для виробництва 1000 кг бутадієнового каучуку. Вкажіть ступінь полімеризації бутадієну.

РОБОТА 11. Визначення Нітрогену, Сульфору, Хлору, Флуору в полімерах

При якісному аналізі полімерів на наявність Нітрогену, Сульфору, Хлору та Флуору полімер сплавляють з калієм або натрієм. При цьому відбувається глибокий розклад полімеру: Гідроген частково виділяється у вигляді водню, а частково утворює калій гідроксид; кисень дає калій оксид; нітроген, сульфур, хлор і флуор утворює відповідно калій ціанід, сульфід, хлорид і фторид. Ці речовини визначаються звичними хімічними методами.

Мета роботи: визначити в полімері наявність Нітрогену, Сульфору, Хлору та Флуору.

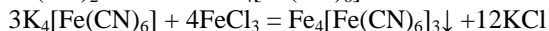
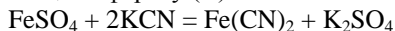
Реактиви: набір полімерів у вигляді невеликих шматочків; нітратна кислота (1:10); хлоридна кислота (1:10); металічний калій або натрій; 5%-вий розчин солей Fe^{2+} та Fe^{3+} , 5%-вий розчин аргентум нітрату; 5%-вий розчин кальцій хлориду, 5%-вий розчин плюмбум ацетату.

Обладнання: пробірки з пробками, що мають отвори для виходу газів.

Виконання роботи

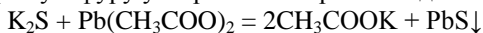
Визначення Нітрогену. В суху пробірку помістити шматок калію розміром з пів горошини і таку ж кількість полімеру. Пробірку сильно нагріти суміш до її повного сплавляння та обвуглювання. При цьому звичайно утворюється чорна маса, що спеклася. Потім пробірку охолодити і до сплавленої суміші невеликими порціями додати 10-15 мл води (**виконувати під витяжною шафою!**). При потребі розчин перемішати скляною паличкою. При проведенні цієї операції потрібно захищати очі, оскільки іноді протікає бурхлива реакція між водою і залишками калію, що не прореагував.

За наявності в полімері азоту утворюється калій ціанід. Для його визначення розчин відфільтрувати, 1/4 частину його перелити в пробірку і долити невелику кількість розчинів солей двох- і трьохвалентного феруму, наприклад FeSO_4 і FeCl_3 . Потім розчин нагріти до кипіння, охолодити і підкислити 10-15%-вим розчином хлоридної кислоти. За наявності нітрогену розчин забарвлюється в синій колір за рахунок утворення берлінської блакиті, тобто ферум (III) гексаціаноферату (II):

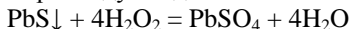


При відстоюванні розчину на дні пробірки утворюється синій осад берлінської блакиті. Цю реакцію дають нітрогенвмісні полімери: карбамідні, поліамідні, аміноформальдегідні, поліуретани і т.д.

Встановлення Сульфуру. 1/4 частину розчину, що залишилася від аналізу на Нітроген, перелити в пробірку і долити до нього розчин плюмбум ацетату. За наявності в полімері Сульфуру утворюється чорний осад плюмбум сульфідіду:

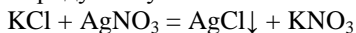


При дії гідроген пероксиду осад стає білим:

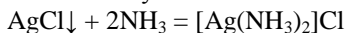


Калій сульфід утворюється за рахунок відділення сульфуру від полімеру при його сплавленні з калієм.

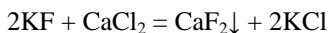
Визначення Хлору. 1/4 частину розчину, що залишився після встановлення Нітрогену, підкислити 5-10%-вим розчином нітратної кислоти і додати декілька краплин 5-10%-вого розчину аргентум (I) нітрату. Утворення білого осаду аргентум (I) хлориду вказує на наявність Хлору.



Осад хлориду, на відміну від осаду аргентум бромідіду і йодидіду, розчиняється в розчині амоніаку.



Визначення Флуору. 1/4 частину розчину, що залишився після встановлення Нітрогену, перелити в пробірку, підкислити розбавленою хлоридною кислотою і додати декілька краплин кальцій хлориду. За наявності Флуору поступово випадає білий осад кальцій фторидіду. Іноді осад стає помітним тільки через 1-1,5 год.



Записати результати аналізу і висновок.

Дата

Підпис викладача

Задачі для самостійної роботи

- 1 Скільки потрібно гексаметилендіаміну ($NH_2(CH_2)_6NH_2$) та адипінової кислоти ($HOOC(CH_2)_4COOH$) для отримання 1 т полі конденсату, якщо виробничі втрати дорівнюють 4 %? Вкажіть ступінь поліконденсації.
- 2 Скільки дивінілового каучуку можна отримати з 200 л 96%-ого етилового спирту ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), якщо практичний вихід дивінілу складає 75% від теоретичного? Який ступінь полімеризації каучуку?
- 3 В якості ініціатора полімеризації вінілхлоридіду емульсійним способом використовують 1,2%-ий водний розчин калій проксосульфату, завантаження якого в автоклав складає 1,5% від маси мономеру. Розрахуйте масу калій пероксосульфату, що введений в полімеризатор, потужність якого 625 кДж/год. Конверсія вінілхлоридіду складає 92 мас. %.
- 4 Розрахуйте маси компонентів, що необхідні для отримання 31 т кабельного пластика, якщо для його виробництва використовують наступні речовини (в масових частинах): полівінілхлоридіду 100, діоктилфталату (пластифікатор) 45, середнього плюмбум стеарату (стабілізатор) 8, каоліну (наповнювач) 2. Втрати при виробництві пластику 3%.

Завдання для індивідуальної роботи

Підготувати технологічну схему виробництва:

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. Азоту | 18. Лавсану |
| 2. Азотних добрив | 19. Міді |
| 3. Алюмінію | 20. Натроного волокна |
| 4. Амоніаку | 21. Нітратної кислоти |
| 5. Аргону | 22. Оцтової кислоти |
| 6. Ацетатного волокна | 23. Поліетилену |
| 7. Ацетатного шовку | 24. Сірчаної кислоти |
| 8. Водню | 25. Скла |
| 9. Гуми | 26. Сталі |
| 10. Дивініл хлориду | 27. Термореактивних пластмас |
| 11. Етилового спирту | 28. Титану |
| 12. Ізопренового каучуку | 29. Формальдегідних смол |
| 13. Калійних добрив | 30. Фосфатних добрив |
| 14. Кальцинованої соди | 31. Хлоридної кислоти |
| 15. Капрону | 32. Цегли |
| 16. Кераміки | 33. Чавуну |
| 17. Кисню | |

Підготувати презентацію на тему:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Азотні добрива | 20. Добування скла |
| 2. Атомна енергетика | 21. Добування сталі |
| 3. Виробництво алюмінію | 22. Калійні добрива |
| 4. Виробництво будівельних матеріалів | 23. Каучук та його добування |
| 5. Виробництво капрону | 24. Основний органічний синтез |
| 6. Виробництво лавсану | 25. Очистка питної води |
| 7. Виробництво лаків | 26. Переробка нафти |
| 8. Виробництво мінеральних добрив в Україні | 27. Переробка твердого палива |
| 9. Виробництво нікелю | 28. Ректифікація нафти |
| 10. Виробництво свинцю | 29. Рідке паливо та його використання |
| 11. Виробництво фарб | 30. Синтез етилового спирту |
| 12. Виробництво чавуну | 31. Синтез метилового спирту |
| 13. Гума. Добування та використання | 32. Синтез оцтової кислоти |
| 14. Добування германію | 33. Синтетичні волокна |
| 15. Добування і використання ацетатного волокна | 34. Синтетичні волокна |
| 16. Добування коксу та полу коксу | 35. Сірчано-кислотне виробництво |
| 17. Добування міді | 36. Техноекономічні показники |
| 18. Добування напівпровідникових матеріалів | 37. Титанові руди та їх переробка |
| 19. Добування полімерів | 38. Фарфорове виробництво |
| | 39. Фенолформальдегідні смоли |
| | 40. Фосфатні добрива та H_3PO_4 |
| | 41. Штучний шовк |
| | 42. Штучні волокна |

Питання для підготовки до екзамену з курсу хімічні аспекти хімічної технології

1. Предмет хімічної технології. Виникнення і розвиток хімічної технології. Зв'язок хімічної технології з іншими науками. Завдання хімічної технології. Хімічна промисловість, як галузь матеріального виробництва, її особливості. Значення хімічної технології. Сучасний стан хімічної промисловості і її роль в господарстві. Хімізація – важливий фактор науково-технічного прогресу.

2. Економічні, технологічні та технічні показники хімічного виробництва: собівартість продукції, витратні коефіцієнти по сировині і матеріалах, матеріальний баланс та енергетичний баланси, продуктивність роботи апаратів, інтенсивність роботи апаратів. Шляхи покращання технологічних показників, якості продукції та умов праці на хімічному виробництві.

3. Поняття про сировину, напівфабрикати, основні матеріали, проміжні продукти, побічні продукти, вторинну сировину, відходи виробництва. Види і класифікація сировини. Запаси сировини для хімічної промисловості. Способи добування сировини. Підготовка сировини до переробки. Збагачення сировини. Принципи раціонального використання сировини. Комплексна переробка сировини.

4. Вода і її використання в хімічній промисловості. Характеристика природніх вод і домішок, які в них містяться. Тимчасова і постійна твердість води, окислювальне число води. Вимоги до якості технологічної (промислової) води та питної води. Методи пом'якшення води. Очистка питної води на водопровідних станціях.

5. Охорона оточуючого середовища в хімічних виробництвах. Очистка газових викидів. Методи очистки забрудненої води. Переробка твердих відходів. Поняття про ГДК (гранично допустима концентрація).

6. Властивості, промислові сорти і області використання сульфатної кислоти. Основні види сировини. Продукти сульфатного виробництва. Виробництво сульфатної кислоти з сірки і гідроген сульфіду.

7. Випалювання колчедану як приклад гетерогенного некаталітичного високотемпературного процесу в системі тверда фаза–газ. Піч з киплячим шаром і її переваги. Загальна і спеціальна очистка випалювального газу.

8. Окиснення сульфур (IV) оксиду як приклад оборотного гетерогенного каталітичного процесу. Теоретичні основи окиснення сульфур (IV) оксиду. Каталізатори, які використовуються при окисненні сульфур (IV) оксиду. Контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти.

9. Сполуки Нітрогену і їх значення. Проблема зв'язаного Нітрогену. Методи фіксації атмосферного азоту і їх порівняльна характеристика.

10. Синтез амоніаку. Теоретичні основи синтезу амоніаку. Склад каталізатору і каталітичні отрути. Синтез амоніаку як приклад каталітичного процесу, що здійснюється за круговою (циклічною) схемою. Принципова схема виробництва амоніаку при середньому тиску.

11. Нітратна кислота, її властивості, промислові сорти і області використання. Теоретичні основи каталітичного окиснення амоніаку. Основні стадії виробництва нітратної кислоти з амоніаку і оптимальні умови їх проведення. Виробництво розведеної нітратної кислоти.

12. Методи виробництва концентрованої нітратної кислоти. Теоретичні основи та технологічна схема виробництва.

13. Хімізація сільського господарства. Використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин та синтетичних кормових добавок для інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Класифікація мінеральних добрив.

14. Фосфатні добрива, їх класифікація. Сировина для виробництва фосфатних добрив. Теоретичні основи виробництва простого суперфосфату, подвійного суперфосфату, преципітату. Технологія виробництва простого суперфосфату.

15. Нітратні добрива, їх класифікація. Виробництво амоній нітрату, карбаміду та інших продуктів.

16. Калійні добрива. Сировина для виробництва. Технологія виробництва калійних добрив.

17. Класифікація металів і форми знаходження їх у природі. Методи збагачення і попередньої обробки руд. Методи відновлення металів. Одержання чистих кольорових металів.

18. Теорія та технологія виробництва титану з ільменіту.

19. Сировина для виробництва алюмінію, її переробка. Одержання алюмінію електролізом кріоліто–глиноземних розплавів.

20. Технологія виробництва міді.

21. Виробництво цинку та свинцю.

22. Виробництво чавуну. Теоретичні основи виробництва. Доменний процес: конструкція домни, здійснення безперервності процесу, продукти виробництва.

23. Виробництво сталі. Основні методи виробництва: мартенівський, киснево-конверторний, електросталеплавильний. Обробка сталевих виробів.

24. Класифікація керамічних виробів. Виробництво кераміки. Технологія фарфорового та фаянсового виробництва. Вогнетривкі матеріали. Виробництво силікатної цегли.

25. Виробництво скла та скляних виробів. Фізико-хімічні властивості скла. Основні стадії процесу утворення скла. Способи формування виробів із скла.

26. Виробництво в'язучих речовин: вапна, гіпсу, цементу. Виготовлення різних видів бетону для будівельних робіт.

26. Основні види палива та їх склад. Переробка твердого палива. Коксування кам'яного вугілля. Газифікація та гідрогенізація.

27. Термічна переробка нафти. Процес ректифікації. Основні продукти переробки нафти. Крекінг нафтопродуктів.

28. Виробництво метанолу. Біохімічний спосіб виробництва етилового спирту.

29. Методи виробництва синтетичного етанолу та його гомологів.

20. Виробництво бутадієну (дивінілу).
21. Методи і технологія одержання ацетилену.
22. Виробництво ацетатної кислоти.
23. Класифікація полімерів, їх склад і будова. Властивості полімерів в залежності від будови: механічні, термічні, здібність до утворення розчинів. Способи одержання високомолекулярних сполук: полімеризація, поліконденсація.
24. Склад, властивості та використання пластмас. Одержання пластмас на основі полімеризаційних смол. Виробництво поліетилену, полівінілхлориду, полістиролу, фторопласту.
24. Поліконденсаційні смоли та вироби з них. Новолачні та резольні смоли фенол-формальдегідні смоли. Одержання смол в промисловості.
25. Основні види каучуків. Виробництво синтетичних каучуків (СК): бутадієн-стирольного, стереорегулярного ізопренового та СК спеціального призначення.
26. Технологія виробництва гуми та гумотехнічних виробів.
27. Класифікація волокнистих матеріалів та основні стадії виробництва. Виробництво поліамідного волокна (капрону).
28. Технологія виробництва віскозного волокна, ацетатного волокна.
29. Проблеми та перспективи біотехнологічних виробництв. Фізико-хімічні та біохімічні основи біотехнологій. Апаратура для здійснення процесів біотехнології.
30. Промислова мікробіологія. Одержання органічних речовин, харчових продуктів, фармацевтичних препаратів.

ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Денисюк Р. О. Хімічна технологія: Підручник. / Р. О. Денисюк – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. – 344 с.
2. Гончаров А.І., Середа І.П. Хімічна технологія. 2 т. – К.: Вища школа. 1980.
3. Алтухов К.В., Мухленов И.П., Тумаркина Е.С. Химическая технология. –М.: Просвещение, 1985. –304 с.
4. Аранская О.С. Сборник задач и упражнений по химической технологии. – Минск: Высшая школа, 1983. – 206. с.
5. Белоцветов А.В., Бесков С.Д., Ключников Н.Г. Химическая технология. –М.: Просвещение, 1976. –319 с.
6. Беляева И.И., Трофимов В.А., Тихвинская М.Ю. и др. Сборник задач по химической технологии. – М.: Просвещение, 1982. – 143 с.
7. Ключников Н.Г. Практические занятия по химической технологии. –М.: Просвещение, 1972. – 296 с.
8. Кузнецов Д.А., Фурмер И.Э., Малахів А.И. и др. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1970. – 344 с.

Допоміжна:

1. Гончаров А.І., Михайленко В.П. Хімічна технологія. Практикум. –К.: Вища школа, 1982. –246 с.
2. Мухленов И.Н., Авербух А.Я., Тумаркина Е.С. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа. 1984. – 348 с.
3. Некрич М.И., Ковалев М.П., Черняева Ю.И. Общая химическая технология. – Харьков, 1969. – 336.
4. Тихвинская М.Ю., Волынский В.Е. Практикум по химической технологии. –М.: Просвещение, 1984. –160 с.
5. Щербаков О.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з хімічної технології. – Житомир, 1999.